Niveau(x) d'enseignement: 4 Numéro EDUQ : 8770569
Centre d'intérêt: 874

Simard, Paul-Aimé.

Phénomènes électriques en soudage / [Paul-Aimé Simard, Richard Parent, Hélène Hensler pour la Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke].
-- Sherbrooke : Editions du CRP, [1986?].
263 p. : ill. ; 28 cm. -- (Concepts scientifiques de base ; 1)

Index.

ISBN 2-920859-06-4

Vedette(s)-secondaire(s): Parent, Richard * Hensler, Hélène * Université de Sherbrooke. Faculté d'éducation

Descripteur(s): Techniques physiques * Formation professionnelle * Manuel scolaire * Secondaire (Ordre d'enseignement)

Identificateur(s) de sujet: Soudage * Electricité

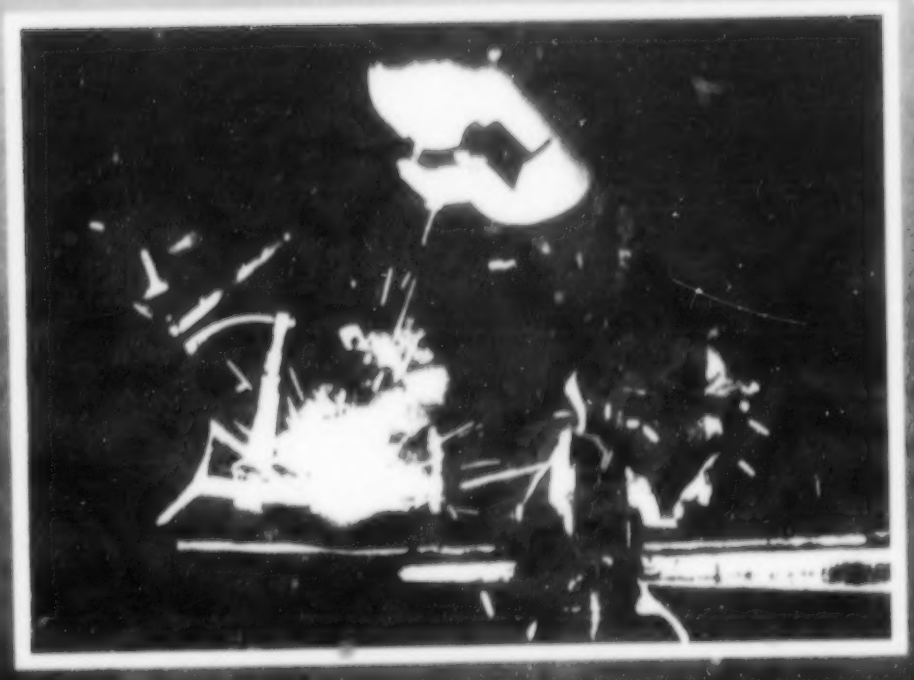
Le manuel a été rédigé à l'intention des élèves en soudage du secondaire professionnel. Il aborde le domaine de l'électricité et expose des notions qui peuvent aider l'élève à mieux comprendre certains gestes qu'il exécute ou certains phénomènes qui se produisent lorsqu'il soude à l'arc électrique. Le manuel traite de cinq grands thèmes: 1. le courant électrique; 2. le circuit électrique; 3. les sources du courant électrique; 4. les conducteurs électriques; 5. l'arc électrique. Dans le but d'aider l'élève à mieux aborder chacun de ces cinq thèmes, on met à sa disposition, au début de chaque thème, des fiches d'information qui indiquent les problèmes abordés dans le thème, les objectifs généraux et spécifiques visés, la démarche à suivre et le contenu du thème divisé en modules de divers types. La plupart des modules se terminent par une série de questions-synthèses. Cette évaluation préliminaire permet à l'élève de vérifier au fur et à mesure son degré de compréhension de la matière.

Type de document: r

EDUQ 8770569

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES EN SOUDAGE

Paul-Aimé Simard
Richard Parent
Hélène Hensler



Éditions du CRP
Faculté d'éducation

EDUQ 8770569

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES EN SOUDAGE

Collection: CONCEPTS SCIENTIFIQUES DE BASE

1. Phénomènes électriques en soudage, Paul-Aimé Simard, Richard Parent, Hélène Hensler. Sherbrooke, Université de Sherbrooke, Editions du CRP, 1986, 263 pages.

A paraître

2. Phénomènes chimiques en soudage.

ISBN 2-920859-06-4

© Editions du Centre de ressources pédagogiques
Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke
Sherbrooke (Québec) J1K 2R1

Dépôt légal: 4e Trimestre 1986
Bibliothèque nationale du Québec

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous les pays.

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES EN SOUDAGE

Paul-Aimé Simard, Professeur au département de Physique de la Faculté des Sciences de l'Université de Sherbrooke;

Richard Parent, Ingénieur en mécanique et chercheur à l'Université de Sherbrooke;

Hélène Hensler, Professeure au département de Pédagogie de la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke.

Editions du CRP
Faculté d'éducation
Université de Sherbrooke
Sherbrooke (Québec)
J1K 2R1

Ce matériel didactique a été réalisé grâce à une subvention accordée par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science du Québec au Programme de perfectionnement des maîtres en enseignement professionnel de l'Université de Sherbrooke.

Les auteurs désirent exprimer leurs remerciements à Gilbert Martin, professeur de sciences au Collège Mont-Notre-Dame de Sherbrooke, qui a présenté de nombreuses suggestions lors de l'expérimentation et de la révision de ce document.

AVANT-PROPOS

Depuis le début de la révolution industrielle, le développement de la technologie du soudage s'est concrétisé par la découverte de nombreuses méthodes de chauffage localisé. Les connaissances nouvelles liées aux domaines de la métallurgie, de la chimie et de la physique permettent encore aujourd'hui la poursuite de cette expansion technologique. Les réactions à chaud entre les métaux et les agents gazeux ainsi que les méthodes d'analyse et de localisation des défauts constituent deux des domaines favorisés.

Dans le but de s'adapter à une telle évolution, un apprentissage adéquat des notions scientifiques de base devient nécessaire. Celui-ci doit d'abord refléter correctement les fondements de la technologie du soudage qui repose avant tout sur la disponibilité des méthodes de chauffage. Parmi ces méthodes, l'arc électrique joue un rôle de premier plan. En effet, il permet une grande variété de techniques selon qu'il est généré dans l'air ou qu'il fonctionne à l'aide d'un gaz porteur.

S'appuyant sur ces données, le présent manuel vient exposer les notions de base sous-jacentes à l'arc électrique. Les mécanismes en jeu dans un poste de soudage à l'arc font appel à de nombreux concepts relatifs à un circuit électrique de base. Pareillement, la compréhension de la nature du courant électrique nécessite l'entrée en matière de concepts relatifs à la structure atomique des matériaux. Le contenu de ce manuel s'appuie donc sur des connaissances fondamentales des domaines de l'électricité et de la physique placées dans le contexte du soudeur.

Si cet ouvrage a été rédigé à l'intention des élèves en soudage du niveau secondaire professionnel, il peut toutefois apporter un soutien à des élèves s'initiant à divers autres métiers tels que l'électrotechnique, l'électronique et l'équipement motorisé. Son étude est possible durant un semestre normal pour ce qui est de l'apprentissage du métier de soudeur. Un deuxième cahier pourrait compléter la première année d'étude. Ce cahier, en cours de conception, traitera des concepts de chimie et pourra être parcouru durant l'apprentissage du soudage à la flamme oxyacétylénique.

Finalement, le matériel didactique sera complété par les documents suivants. Un cahier d'exercices d'accompagnement viendra tout d'abord s'ajouter aux deux manuels de l'élève. Ce nouveau texte lui permettra de poursuivre son apprentissage des notions de science tout en développant ses habiletés mathématiques. La solution de problèmes concrets liés étroitement aux connaissances acquises dans le manuel sera avantagée. Le processus d'évaluation sera ensuite complété par des tests d'évaluation formative utilisables sur micro-ordinateur. Enfin, la rédaction d'un guide du maître destiné à conseiller l'enseignant et l'appuyer dans ses démarches est sur le point d'être finalisée.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 5
FICHE D'INTRODUCTION 9

THÈME 1 - LE COURANT ELECTRIQUE
Fiche d'information 11
Module d'introduction 13
Module d'acquisition 1: Le voltage et l'ampérage 19
Module d'acquisition 2: Le courant continu 27
Module d'acquisition 3: Le courant alternatif 35
Module de prolongement: La fréquence 45
Module de synthèse 51

THÈME 2 - LE CIRCUIT ELECTRIQUE
Fiche d'information 57
Module d'introduction 33
Module d'acquisition 1: La puissance 65
Module d'acquisition 2: La résistance 77
Module de prolongement 1: La combinaison de résistances 87
Module de prolongement 2: Les appareils de mesure 93
Module de synthèse 101

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT
Fiche d'information 109
Module d'introduction 111
Module d'acquisition 1: La transformation du courant 117
Module de prolongement 1: Le transformateur 125
Module d'acquisition 2: La rectification du courant 133
Module de prolongement 2: Le redresseur 141
Module de synthèse 149

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

Fiche d'information 155
Module d'introduction 157
Module d'acquisition 1: La nature d'un métal 163
Module d'approfondissement 1: La nature du courant électrique 171
Module d'acquisition 2: La conductivité électrique 177
Module d'approfondissement 2: La nature de la résistance électrique 185
Module d'acquisition 3: La conductivité thermique 191
Module de synthèse 203

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

Fiche d'information 209
Module d'introduction 211
Module d'acquisition 1: Le plasma 215
Module d'acquisition 2: L'arc en courant continu 223
Module de clarification: Le sens du courant électrique 235
Module d'acquisition 3: L'arc en courant alternatif 239
Module de prolongement: L'arc électrique, la résistance variable des soudeurs 247
Module de synthèse 253

INDEX 261

NOTE: Dans ce manuel, le genre neutre masculin concerne également, s'il y a lieu, les hommes et les femmes, les élèves (garçons et filles), etc...

FICHE D'INTRODUCTION

Comment aborder l'étude de ce cahier?

Parmi les diverses techniques de soudage qui te sont présentées durant ton apprentissage, il en est une qui demeure très importante, c'est le soudage à l'arc électrique. En effet, malgré le développement des autres technologies, cette technique conserve une bonne cote de popularité dans le milieu industriel. Comme tu le sais, son utilisation entraîne l'emploi de quelques appareils électriques dont les sources de courant. De plus, elle exige le montage d'un circuit électrique dans lequel le poste de soudage devient opérationnel.

Ce cahier aborde le domaine de l'électricité et expose des notions qui pourront t'aider à mieux comprendre certains gestes que tu exécutes ou certains phénomènes qui se produisent lorsque tu soudes à l'aide de cette technique. Ils se regroupent autour de cinq grands thèmes:

- le courant électrique,
- le circuit électrique,
- les sources de courant électrique,
- les conducteurs électriques,
- l'arc électrique.

Tu observeras au cours de ta lecture que la présentation de ces thèmes est divisée en modules de divers types. Porte une attention spéciale aux modules d'acquisition. Tu pourras répondre à une bonne partie des objectifs spécifiques si tu comprends bien le contenu de ces modules. Quant aux autres modules, il reviendra à ton professeur de t'expliquer leur but et leur importance. Certains d'entre eux pourront alors devenir facultatifs et servir de lecture complémentaire.

Tu remarqueras également que la plupart des modules se terminent par une série de questions-synthèses. Cette évaluation préliminaire te permet de vérifier au fur et à mesure ton degré de compréhension de la matière. Tu peux alors réviser immédiatement ce qui a été peu ou pas assez compris. Cette étape est importante pour toi car elle permet de te préparer au test d'évaluation formative donné à la fin du thème.

Dans le but de t'aider à mieux aborder chacun des cinq thèmes, tu auras à ta disposition des fiches d'information; celles-ci te renseignent sur divers aspects du contenu. Quelques problèmes concrets de soudage te sont d'abord présentés au début d'une fiche pour t'indiquer des exemples de solutions ou de réponses que tu pourras trouver dans les modules. Les objectifs visés sont ensuite détaillés. Prends note qu'une bonne façon d'étudier est de revenir à ces objectifs après la lecture d'un thème et de vérifier si tu réussis à les atteindre. Quelques remarques te sont également proposées concernant la démarche à suivre pour ton étude du thème. Finalement, un sommaire est présenté avec les titres de modules et les pages correspondantes.

THÈME 1 - LE COURANT ÉLECTRIQUE

FICHE D'INFORMATION

Problèmes abordés

Dans le premier thème, tu auras l'occasion de chercher des réponses à quelques questions qui peuvent te venir à l'esprit lorsque tu utilises de l'électricité. Celles-ci pourront t'aider à mieux comprendre et, peut-être même, à résoudre certains problèmes pouvant se présenter dans un circuit de soudage. Voici à titre d'exemple deux de ces questions.

> Lorsque tu soudes, il t'arrive de modifier le nombre de volts et le nombre d'ampères qui caractérisent ton arc. Quelle est la différence entre le voltage et l'ampérage d'un courant électrique?
>
> Lorsque tu utilises le courant alternatif pour effectuer une soudure à l'arc, tu n'as pas à te préoccuper des polarités de chaque borne alors que tu dois en tenir compte lorsque tu utilises le courant continu. Qu'est-ce qui explique cette différence?

Objectifs visés

OBJECTIF GÉNÉRAL
Distinguer les deux types importants de courant électrique, soit les courants continu et alternatif et connaître leurs deux principales caractéristiques, soit le voltage et l'ampérage.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Identifier les trois principales parties d'un circuit électrique.
- Nommer les trois principaux effets de l'utilisation de l'électricité.
- Définir la notion de voltage et reconnaître son effet sur les charges électriques.
- Définir la notion d'ampérage.
- Distinguer les principales caractéristiques du mouvement qu'effectuent les charges électriques dans un circuit électrique continu et alternatif.
- Identifier le sens conventionnel du courant entre les pôles d'un circuit électrique.
- Reconnaître la définition de la fréquence.

Démarche proposée

La matière traitée dans ce premier thème est importante pour aborder les autres thèmes. Nous te conseillons d'y mettre une attention particulière. Seul le module de prolongement est considéré comme facultatif. Il pourra être suggéré par ton professeur comme lecture complémentaire. Chacun des modules principaux se termine par un éventail de questions-synthèses. Cela te permettra de faire le point sur ce que tu viens d'apprendre. Essaie tout d'abord de les compléter sans revenir en arrière dans le texte. Si tu réussis cette première évaluation, tu seras prêt à passer au test d'évaluation formative.

Contenu du thème

Module d'introduction 13
Module d'acquisition 1: le voltage et l'ampérage . . . 19
Module d'acquisition 2: le courant continu 27
Module d'acquisition 3: le courant alternatif 35
Module de prolongement: la fréquence 45
Module de synthèse 51

THÈME 1 - LE COURANT ÉLECTRIQUE

MODULE D'INTRODUCTION

L'électricité: c'est important!

L'électricité ... oui, c'est un mot que tu as souvent entendu autour de toi. Il t'est même sûrement déjà arrivé de le prononcer dans des circonstances très diverses.

La plupart des gens utilisent l'électricité dans leur vie quotidienne. Mais lorsqu'il y a une panne, tout semble s'arrêter autour d'eux. L'éclairage, le chauffage ainsi que divers appareils comme le réfrigérateur et la télévision ne fonctionnent plus. On dit alors: "il n'y a plus d'électricité!" Mais qu'est-ce que l'électricité? Pourquoi y-a-t-il une panne? On répond parfois: "Une automobile a frappé un poteau et les fils ont cassé" ou "Un éclair est tombé sur un pylône et les fils se sont brisés". Ces réponses peuvent être valables puisqu'il faut effectivement des fils pour faire circuler le courant électrique. Les fils électriques font le lien entre l'appareil du consommateur et la source de courant. Cette source agit comme une usine qui fabrique le courant à partir d'un barrage hydro-électrique.

Toi qui es consommateur, tu as besoin d'électricité pour faire fonctionner par exemple ton système de son et écouter de la musique. A l'école, tu as encore besoin d'électricité pour souder à l'arc électrique. Dans ta future carrière de soudeur, tu seras constamment en présence d'appareils fonctionnant à l'électricité.

Donc l'électricité, c'est important! Nous désirons, à l'aide des prochains modules, améliorer ta compréhension concernant le courant électrique. Après t'avoir présenté ce que l'électricité peut t'apporter dans la vie quotidienne, nous aborderons les notions qui sont importantes pour ton domaine d'étude.

L'électricité: une source d'énergie

Il t'arrive parfois de te sentir en meilleure forme que d'habitude? Tu as alors envie de faire quelque chose. Tu dois dépenser ton énergie par l'exécution d'un travail ou par la pratique d'un sport. C'est que l'énergie ne peut demeurer là, elle ne peut rester en place. Il faut la faire sortir, la dépenser d'une manière quelconque.

L'électricité est une forme d'énergie. Elle "coule" dans les fils électriques pour produire un effet à un certain endroit. Examine les dessins de la figure 1. Ils représentent trois effets possibles de l'électricité soit la lumière, le mouvement et la chaleur.

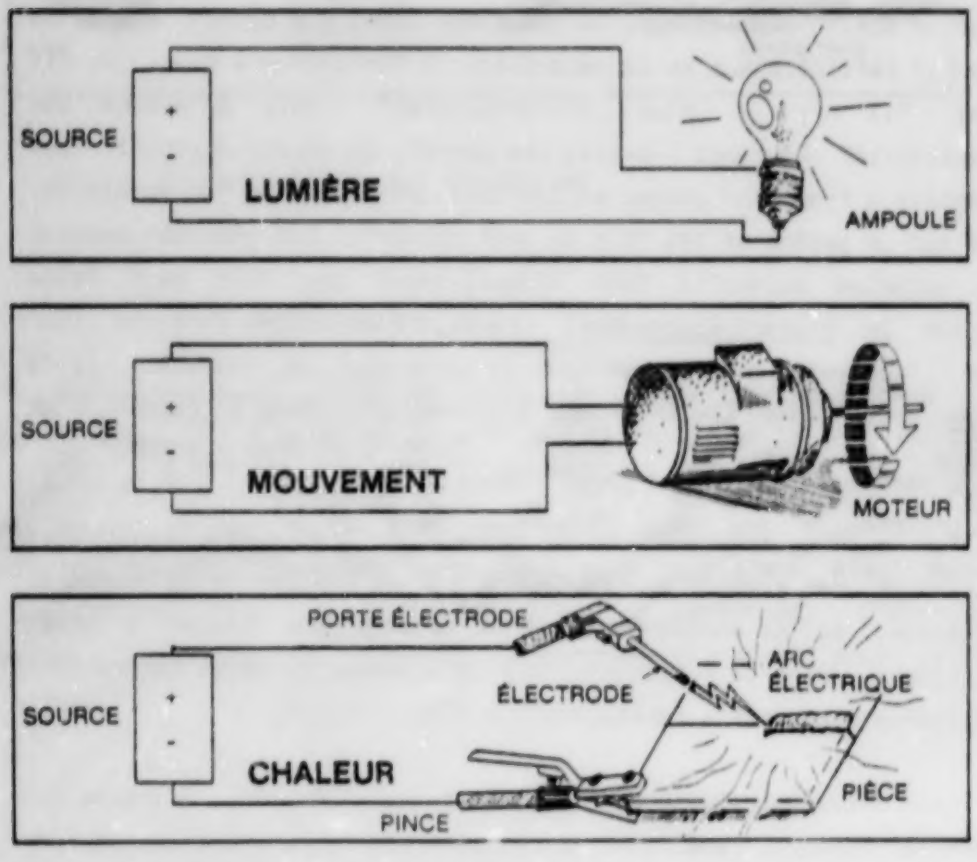


Fig. 1 Trois effets de l'électricité.

Un terme commun a été utilisé dans les trois dessins précédents. C'est le mot source. Cette source de courant électrique peut être une pile (batterie), une prise murale (courant du réseau) ou un poste de soudage (par exemple, une génératrice).

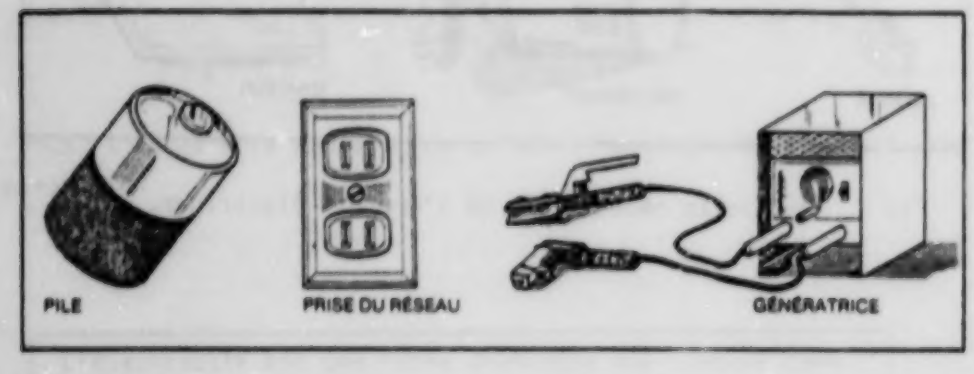


Fig. 2 Sources de courant électrique

Une source a pour effet de pousser le courant électrique dans les fils. Le courant circule facilement dans les fils car il est dans son milieu naturel. À un certain endroit, il se trouve des appareils qui ont besoin d'électricité pour fonctionner comme, par exemple, une ampoule, un moteur ou l'équipement de soudage pour l'arc électrique. L'énergie engendrée par la source est alors consommée. C'est le courant électrique qui a servi de moyen de transport pour cette énergie.

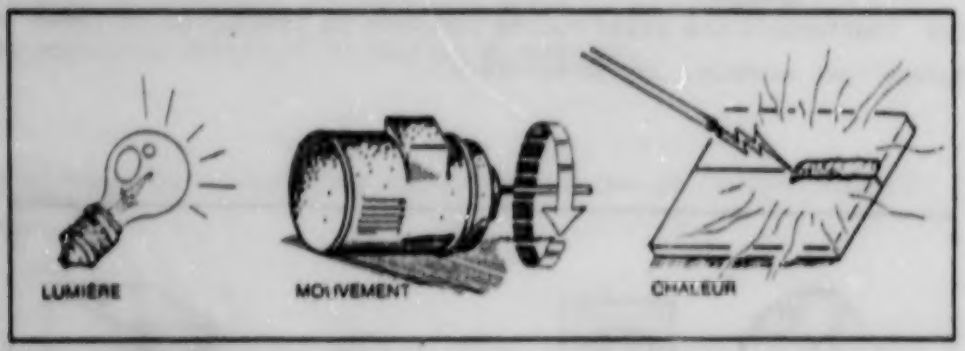


Fig 3. Appareils nécessitant de l'énergie électrique.

Lorsque tu effectues une opération de soudage à l'arc, tu aperçois une petite étincelle permanente entre l'électrode et la pièce. On appelle cette étincelle arc électrique. Un arc est créé par le courant électrique qui traverse l'espace entre l'électrode et la pièce. Comme ce petit espace n'est pas son milieu naturel, il y engendre une grande quantité de chaleur. Ceci permet alors la fusion du métal et par conséquent le soudage. De plus, l'arc produit beaucoup de lumière. Dans cet exemple, la chaleur et la lumière sont les effets générés par le courant électrique.

En résumé, si tu veux commencer à te faire une bonne idée de la nature du courant électrique, tu dois te rappeler les trois points suivants.

1. La source d'énergie est le point de départ du courant électrique. C'est elle qui fabrique "l'électricité".

2. Le fil est l'élément intermédiaire entre la source et l'appareil. Il permet le transport du courant électrique.

3. L'appareil consomme l'énergie transportée par le courant électrique.

Pour t'aider à te rappeler ce qu'est l'électricité, en voici une définition.

> L'électricité est une forme d'énergie qui circule dans un milieu conducteur, le plus souvent dans un fil électrique. Cette énergie peut avoir plusieurs effets comme créer de la lumière, du mouvement ou de la chaleur.

Cette définition devrait te faire réaliser ce qu'un courant électrique peut t'apporter dans la vie de tous les jours. Nous nous sommes limités ici à trois effets générés par l'électricité mais tu comprendras qu'il en existe d'autres. Par exemple, l'électricité peut servir à transporter le son dans une radio ou dans une sirène.

Nous t'invitons maintenant à aller plus loin dans ton apprentissage des notions d'électricité. Le prochain module décrit ce qu'est le voltage ainsi que l'ampérage. Il pourra t'aider à mieux comprendre le comportement du courant électrique.

NOTES:

THÈME 1 - LE COURANT ÉLECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 1
LE VOLTAGE ET L'AMPÉRAGE

Nous avons voulu dans le module précédent te donner une idée générale de ce qu'est l'électricité. Attardons-nous maintenant sur le courant électrique. Pour faciliter la compréhension de cette notion, nous utiliserons une comparaison entre un circuit électrique et une conduite d'eau.

Nous allons nous imaginer être assez petits pour pouvoir entrer à l'intérieur d'un tuyau de plomberie et de même à l'intérieur d'un fil électrique. Examinons le comportement du courant d'eau et du courant électrique.

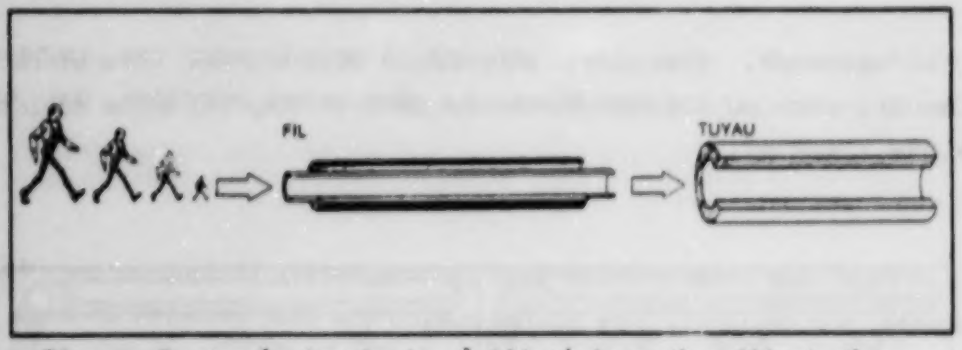


Fig. 1 Randonnée imaginaire à l'intérieur d'un fil et d'un tuyau.

Le voltage

Retrouvons-nous dans le tuyau où circule de l'eau. Imagine le courant d'eau comme étant constitué de minuscules gouttes les unes derrière les autres. Faisons de même dans le fil électrique en imaginant une suite de "gouttes d'électricité".

Retiens tout d'abord que ces "gouttes d'électricité" ont un nom. On les appelle CHARGES ÉLECTRIQUES. Ce sont elles qui constituent le courant électrique tout comme les gouttes d'eau constituent le courant d'eau.

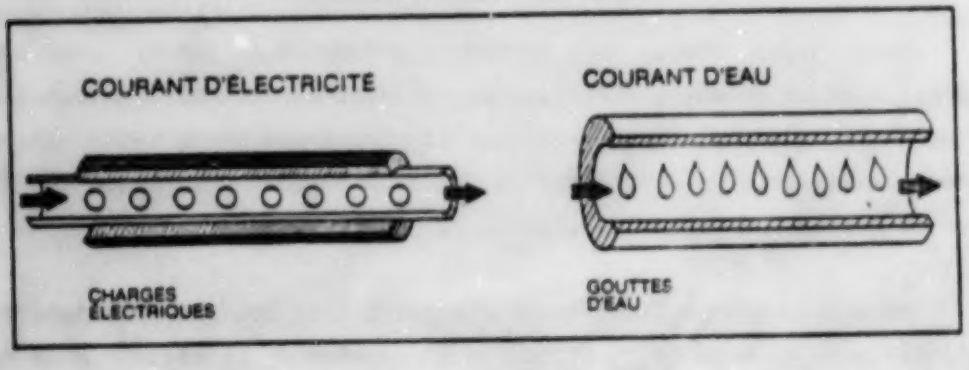


Fig. 2 Comparaison des deux courants.

Maintenant, sois bien attentif à ce qui suit car toute la compréhension du courant électrique découle des principes que nous allons t'exposer.

Pour que l'eau circule dans la tuyauterie, il faut qu'une force agisse sur celle-ci. Une source quelconque doit procurer un élan au courant d'eau pour lui permettre de circuler. Nous parlons ici de la pression.

On appelle la force qui agit sur un courant d'eau la PRESSION.

Nous retrouvons exactement le même principe en électricité. Il faut nécessairement l'existence d'une force pour créer le courant électrique. Cette force s'appelle le voltage. La source d'électricité provoque ce voltage et donne ainsi la poussée nécessaire au déplacement des charges électriques.

> On appelle la force qui agit sur le courant électrique le VOLTAGE.

En résumé, il faut que tu retiennes ces deux notions.

LA PRESSION → FORCE DE L'EAU
LE VOLTAGE → FORCE DE L'ÉLECTRICITÉ

Maintenant, examine les dessins de la figure 3. Remarque la comparaison entre les gouttes d'eau et les charges électriques.

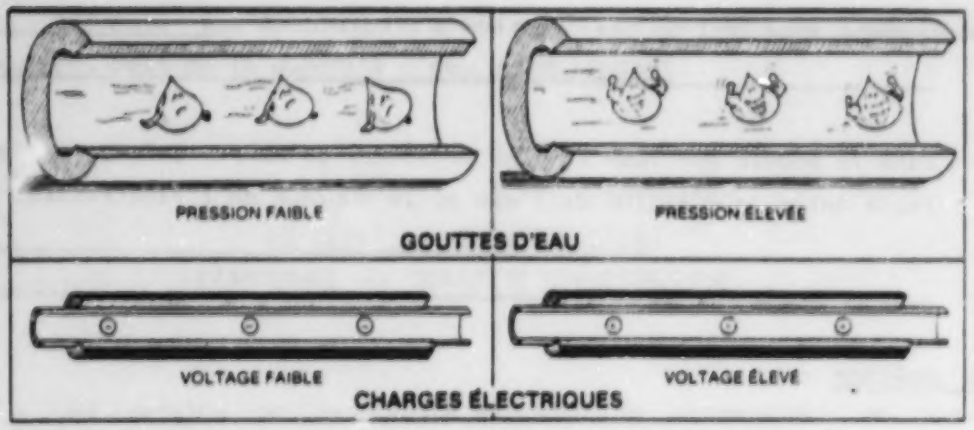


Fig. 3 Comparaison entre la pression et le voltage.

Dans le schéma de gauche, la force qui pousse l'eau est faible (remarque les gouttes d'eau faibles). On dit que la PRESSION EST FAIBLE.

Dans le schéma de droite, la force qui pousse l'eau est grande (remarque les gouttes d'eau fortes). On dit que la PRESSION EST ÉLEVÉE.

Dans le fil électrique, si la force qui pousse les charges est faible, on dit que le VOLTAGE EST FAIBLE.

Dans le fil électrique, si la force qui pousse les charges est grande, on dit que le VOLTAGE EST ÉLEVÉ.

En résumé, le VOLTAGE de l'électricité peut être comparé à la PRESSION de l'eau.

Pour voir si tu as bien retenu les explications que nous venons de te présenter, essaie de répondre à ces questions sans regarder les explications précédentes.

- *Comment appelle-t-on les "gouttes d'électricité"?* _____

_____

- *Dans le modèle que nous t'avons présenté, qu'est-ce qui est comparable entre la PRESSION de l'eau et le VOLTAGE de l'électricité?*

_____

_____

L'ampérage

Il y a une notion que tu utilises très souvent lorsque tu exécutes une opération de soudage à l'arc. c'est l'AMPÉRAGE.

Imagine encore une fois nos "gouttes d'électricité" (les charges électriques) dans un fil comparées aux gouttelettes d'eau dans un tuyau. Examinons notre courant d'eau dans la tuyauterie et essayons de compter la quantité d'eau qui passe à chaque seconde. Cette quantité mesurée s'appelle le débit. Il existe des appareils pouvant mesurer facilement cette quantité. Ce sont des débitmètres.

> Le DÉBIT est la quantité de gouttes d'eau circulant dans la tuyauterie à chaque seconde.

Encore ici, nous retrouvons le même principe en électricité. La source envoie une quantité de charges dans le fil électrique. C'est le voltage créé par cette source qui pousse les charges à circuler.

> L'AMPÉRAGE est la quantité de charges électriques circulant dans le fil à chaque seconde.

Remarque ici que nous ne parlons plus de la force de l'eau ou du courant, mais de la quantité d'eau ou de courant.

LE DÉBIT → QUANTITÉ D'EAU
L'AMPÉRAGE → QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ

Les dessins de la figure suivante te permettront de mieux comprendre ce qu'est l'ampérage.

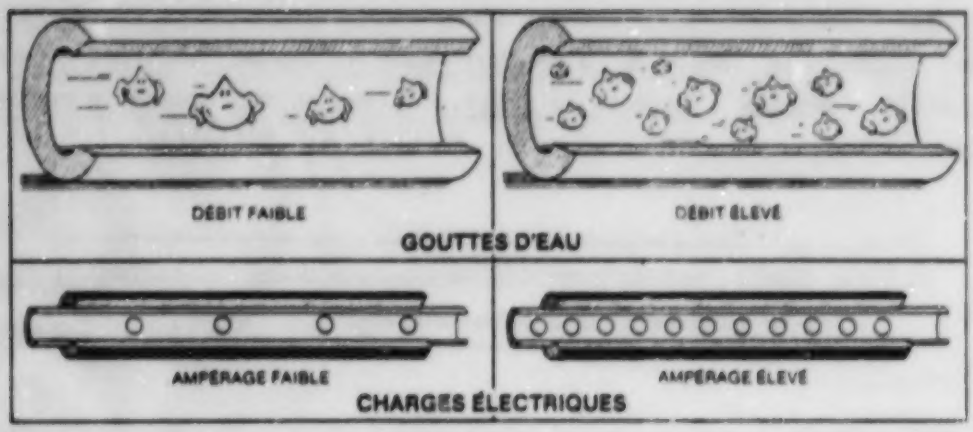


Fig. 4 Comparaïson entre le débit et l'ampérage.

Dans le schéma de gauche, la quantité d'eau circulant dans le tuyau est petite (remarque les gouttes d'eau peu nombreuses). On dit que le DÉBIT EST FAIBLE.

Dans le schéma de droite, la quantité d'eau circulant dans le tuyau est grande (remarque les gouttes d'eau beaucoup plus nombreuses). On dit que le DÉBIT EST ÉLEVÉ.

Dans le fil électrique, si la quantité de charges électriques y circulant est petite, on dit que L'AMPÉRAGE EST FAIBLE.

Dans le fil électrique, si la quantité de charges électriques y circulant est grande, on dit que L'AMPÉRAGE EST ÉLEVÉ.

En résumé l'AMPÉRAGE de l'électricité peut être comparé au DÉBIT de l'eau.

As-tu bien compris la notion d'ampérage? Pour le savoir, dis-moi ce qui est comparable entre le débit d'eau et l'ampérage du courant dans le modèle qui nous t'avons présenté? _____

_____

_____

Tu as pu remarquer dans les pages précédentes que nous avons associé le voltage à la notion de pression et l'ampérage à la notion de débit. Nous espérons que cela a facilité ta compréhension.

Cependant, tu n'as vu que ce qui se produit dans un petit bout de fil électrique. Nous t'avons parlé d'une source qui provoque le voltage et par conséquent l'ampérage. Cette source est évidemment présente dans le circuit électrique. Il serait utile ici de t'expliquer comment se comporte un circuit complet. L'étude de ce circuit te permettrait de cerner les différences entre un courant électrique continu et un courant électrique alternatif. Dans le but d'atteindre cet objectif, nout te proposons tout d'abord la lecture du module d'acquisition 2.

NOTES:

THÈME 1 - LE COURANT ELECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 2
LE COURANT CONTINU

Deux types de courant

Tu as pu voir jusqu'à maintenant les deux principales caractéristiques d'un courant électrique. Le voltage et l'ampérage expriment la force et la quantité de courant qui sont fournis à un appareil électrique.

Cependant, tu sais déjà qu'il existe deux types de courant, soit le courant continu (c.c.) et le courant alternatif (c.a.). Tu auras l'occasion de voir dans les prochaines pages la différence entre ces deux types de courant en utilisant les notions que nous t'avons déjà présentées.

Le courant continu

Examinons tout d'abord dans ce module le principe du courant continu. Pour ce faire, rappelons-nous ce qui a été dit au sujet d'un circuit électrique.

Dans tout circuit électrique, il y a premièrement, une SOURCE d'énergie, deuxièmement un MILIEU CONDUCTEUR et, troisièmement un "quelque chose" qui a besoin d'énergie pour fonctionner qu'on appellera "APPAREIL". Par exemple, la lampe qui te fournit de la lumière est un appareil qui a besoin d'énergie pour fonctionner. Cette énergie provient du courant électrique qui part de la prise murale (c'est la source) et qui voyage tout le long du fil électrique (c'est le milieu conducteur).

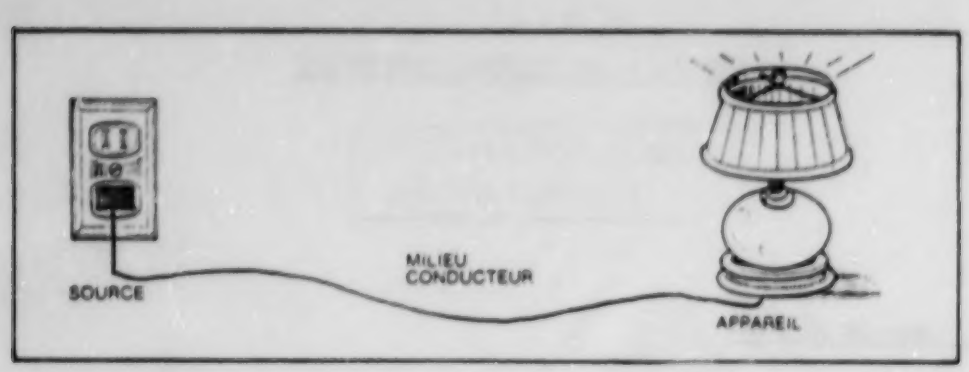


Fig. 1 Exemple de circuit électrique.

Il est possible de visualiser le comportement d'un courant électrique continu en observant un circuit électrique complet. Prenons donc un appareil électrique qui a besoin d'énergie pour fonctionner, soit un MOTEUR. Celui-ci reçoit l'électricité d'une batterie par l'entremise de fils électriques.

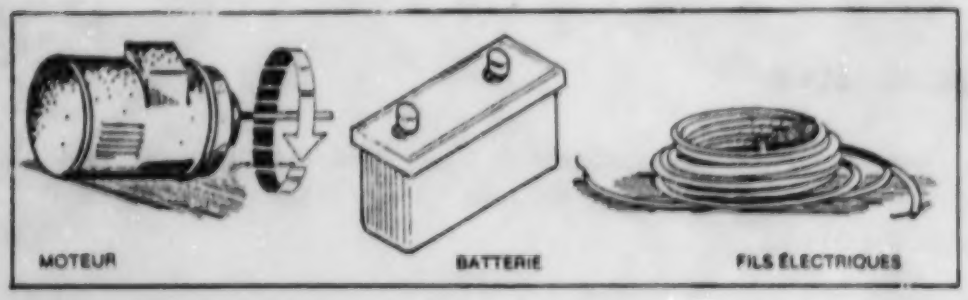


Fig. 2 Eléments du circuit électrique.

Comparons ce circuit électrique à un circuit d'eau. Par exemple, choisissons une TURBINE qui tourne sous l'action d'un courant d'eau. Ce courant d'eau est produit par une pompe.

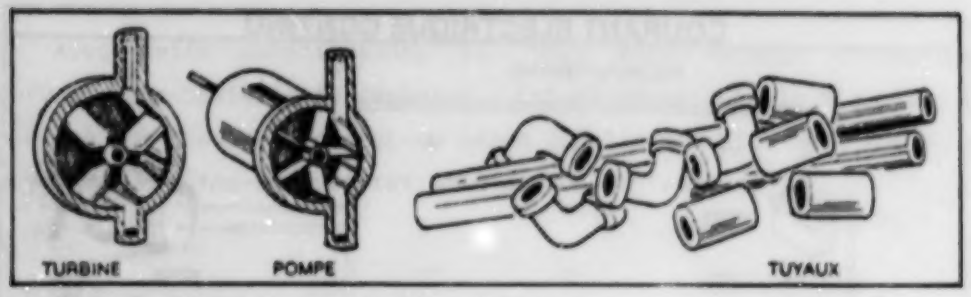


Fig. 3 Elements du circuit d'eau.

Maintenant, examine bien les schémas des figures 4 et 5 et compare les explications relatives à ces deux figures. Nous te présentons un circuit en COURANT CONTINU dans une conduite d'eau et dans un fil électrique.

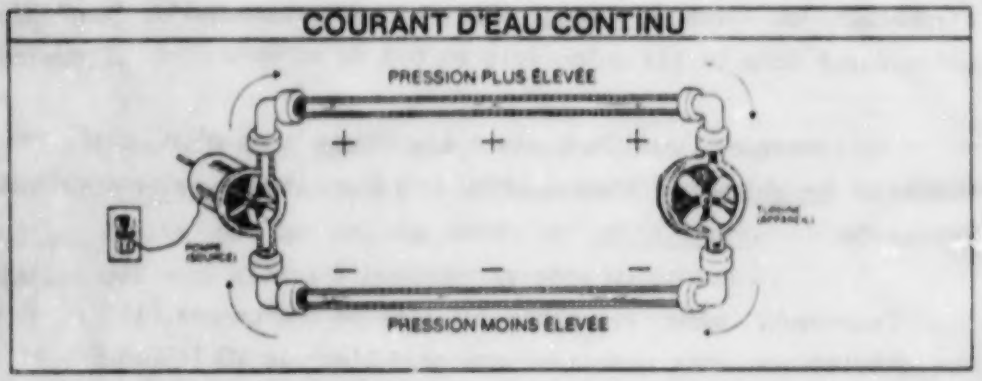


Fig. 4 Courant continu dans un circuit d'eau.

Ici, la source d'énergie, c'est une pompe. Elle pousse l'eau vers la partie du tuyau qu'on voit en haut du schéma. Il y a donc une pression plus élevée à cet endroit. L'eau perd sa pression en faisant tourner l'appareil qui est une turbine. Il y a donc par la suite une pression moins élevée dans la partie du tuyau qu'on voit en bas du schéma.

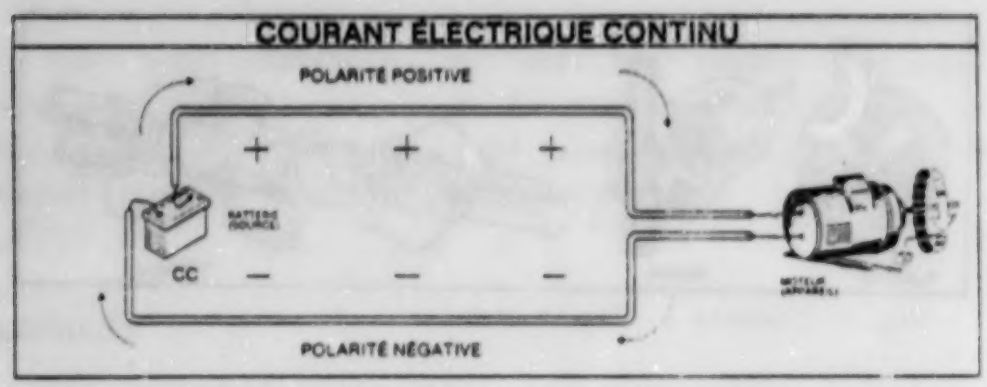


Fig. 5 Courant continu dans un circuit électrique.

Ici, la source d'énergie, c'est une batterie. Elle pousse le courant électrique vers le fil du haut. Il y a donc un voltage plus élevé à cet endroit. Le courant perd son voltage en faisant tourner l'appareil qui est un moteur. Il y a donc par la suite un voltage moins élevé dans le fil qu'on voit en bas du schéma.

Tu remarques que le courant électrique sort d'un côté de la batterie et entre par l'autre côté. La quantité de courant est donc conservée.

Cependant, même si cette quantité ne change pas, il y a une caractéristique du courant qui change. C'est le VOLTAGE. En effet, le moteur pour pouvoir tourner doit recevoir de l'énergie. C'est pourquoi, à la sortie de ce moteur, la force du courant est plus faible. C'est également pourquoi l'on enregistre de chaque côté d'un appareil électrique une différence de voltage ou différence de potentiel.

Le même phénomène se produit dans notre circuit d'eau. La pression de l'eau est beaucoup plus faible à la sortie de la turbine car celle-ci a dû "voler" de l'énergie au courant d'eau pour pouvoir tourner.

Avec cette constatation, tu dois être capable d'expliquer pourquoi une batterie se décharge. Est-ce parce qu'elle n'a plus de quantité de courant ou est-ce parce qu'elle n'a plus de force de courant? Discutes-en avec tes amis ou ton professeur.

La polarité

Si nous revenons à nos deux schémas, nous remarquons qu'une nouvelle notion a été introduite, soit la POLARITÉ. Des signes "+" ont été placés dans la section précédant la turbine ou le moteur. Ceci indique le niveau élevé d'énergie. Puis des signes "-" ont été ajoutés dans la partie suivant la turbine ou le moteur. Ceci représente le niveau d'énergie devenu plus faible à la sortie de l'appareil.

Dans un circuit électrique, on appellera toujours borne de polarité positive la borne où le voltage sera le plus élevé et borne négative celle où le voltage sera le moins élevé. C'est cette polarité qui nous aidera à indiquer le sens du courant.

En effet, tu as peut-être observé que le sens du courant est réglé justement par ce voltage plus élevé qui pousse les charges électriques.

> LE SENS CONVENTIONNEL DU COURANT EST DE LA BORNE POSITIVE A LA BORNE NÉGATIVE.

Ce sens d'écoulement du courant est très important dans toutes les réalisations de soudage que tu fais. Selon les travaux exécutés en atelier, tu peux choisir le sens de courant qui est le plus avantageux. Tu auras donc les deux possibilités suivantes: polarité inverse et polarité normale.

Il faut ici que tu fasses très attention aux termes se rapportant à la polarité. Une polarité est une caractéristique d'un point précis. À tel endroit, nous avons une polarité positive et à tel autre, une polarité négative. La polarité est donc soit POSITIVE soit NÉGATIVE.

L'expression polarité inverse et normale est devenue populaire dans les milieux du soudage pour indiquer le sens du courant. Cette expression indique si le courant passe de l'électrode à la pièce ou de la pièce à l'électrode.

La signification des expressions "polarité inverse et normale" sera la suivante.

POLARITÉ INVERSE (ou REVERSE)

L'électrode est la borne positive (polarité positive).
La pièce est la borne négative (polarité négative).
Le courant passera donc de l'électrode à la pièce.

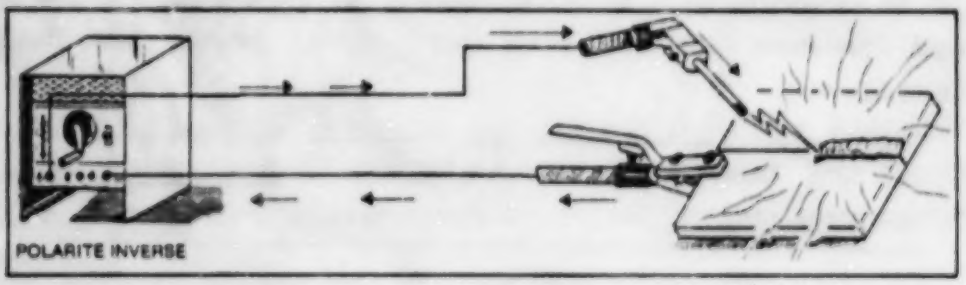


Fig. 6 Montage du circuit de soudage en polarité inverse.

POLARITÉ NORMALE (ou STRAIGHT)

L'électrode est la borne négative (polarité négative).
La pièce est la borne positive (polarité positive).
Le courant passera donc de la pièce à l'électrode.

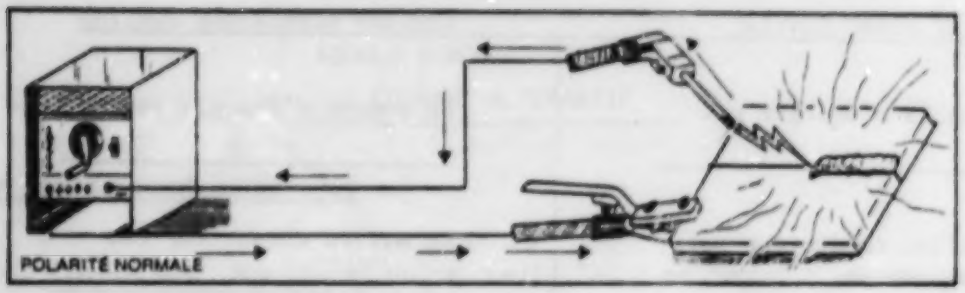


Fig. 7 Montage du circuit de soudage en polarité normale.

Tu vois cependant que tu ne pourras avoir qu'un sens à la fois: c'est la caractéristique principale du COURANT CONTINU.

> En résumé, un courant électrique continu transporte les charges électriques en les faisant circuler dans un seul sens de façon continue jusqu'à l'appareil qui attend l'énergie.

Nous avons vu que le courant électrique laisse une partie de son énergie en passant au niveau de l'appareil. Il poursuit ensuite son chemin et retourne vers la source. Cette dernière lui fournit alors un nouvel élan et la même opération recommence. Le courant continu reprend donc sans cesse le même cycle et cela toujours dans le même sens.

Avant de passer à la lecture du module sur le courant alternatif, essaie de répondre aux questions-synthèses suivantes. Tu pourras ainsi vérifier si tu as bien retenu les notions rattachées au courant continu.

QUESTIONS-SYNTHÈSES

Nomme les élément utilisés dans la comparaison entre un courant d'eau et un courant électrique.

COURANT D'EAU CONTINU	*COURANT ELECTRIQUE CONTINU*
La source d'énergie est _____	*La source d'énergie est* _____
Le milieu conducteur est _____	*Le milieu conducteur est* _____
L'appareil qui consomme l'énergie est _____	*L'appareil qui consomme l'énergie est* _____

Pourquoi le voltage est-il plus faible à la sortie d'un appareil électrique? _____

_____

Dans un circuit électrique, la borne ayant le voltage le plus élevé se voit attribuer la polarité _____ *et la borne ayant le voltage le moins élevé obtient la polarité* _____.

Le sens conventionnel du courant est du _____ *au* _____.

Lorsque tu utilises le courant continu pour souder à l'arc, tu as deux options dans le choix du sens de circulation de ce courant: soit en polarité _____ *(le courant va de l'électrode à la pièce), soit en polarité* _____ *(le courant va de la pièce à l'électrode).*

Maintenant que tu as répondu à ces questions, il est temps de présenter le principe du courant alternatif. Quelles sont les différences par rapport au courant continu et comment faire pour visualiser ces différences? C'est ce que tu auras l'occasion d'apprendre dans le prochain module.

THÈME 1 - LE COURANT ÉLECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 3
LE COURANT ALTERNATIF

Un comportement différent!

Maintenant que tu as vu de quelle façon se comporte un courant électrique continu, étudions les caractéristiques du courant alternatif. Pour mieux observer le comportement de ce type de courant, il est encore nécessaire d'établir une comparaison entre un circuit électrique et une tuyauterie d'eau. Cependant, nous ne pouvons pas opter pour le même type de circuit que celui présenté dans le module du courant continu.

Le courant d'eau alternatif

Nous te proposons le montage suivant qui comporte de nouveaux éléments soit des pistons, une bielle et une roue. Porte ton attention sur le mouvement de ces éléments.

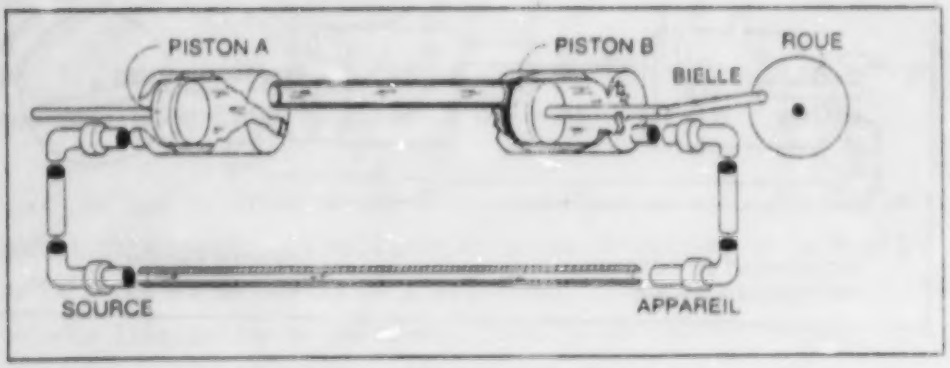


Fig. 1 Montage du circuit d'eau.

Comme tu le vois, nous avons remplacé la pompe par un piston (le piston A). Ce piston est la source d'énergie. Il pousse l'eau dans les tuyaux tout comme la pompe le faisait dans le circuit d'eau en courant continu. À l'autre extrémité, nous avons remplacé la turbine par une roue actionnée par un second piston (le piston B) au moyen d'une bielle. Cet ensemble est l'appareil qui attend l'énergie. Nous voulons faire tourner la roue tout comme la turbine présente dans notre circuit en courant continu.

Maintenant poussons sur notre piston A pour le faire bouger de gauche à droite et regardons le résultat sur la roue.

Le piston A agit sur l'eau, pousse celle-ci dans le tuyau et va ainsi provoquer une pression sur l'autre piston. Le piston B est alors poussé, entraîné par le mouvement de l'eau et celui-ci agit alors à son tour sur la bielle. La bielle entraîne ainsi la roue dans un mouvement de rotation. C'est en fait comme le principe des roues des anciennes locomotives.

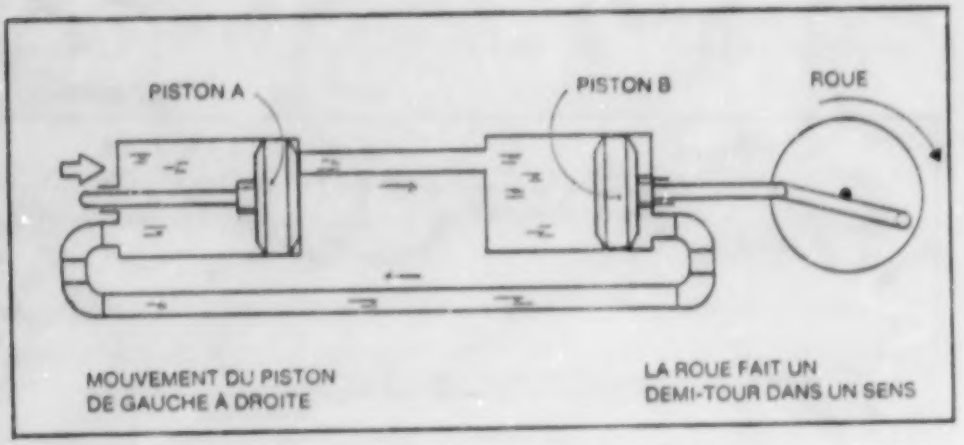


Fig. 2 Première étape du mouvement alternatif.

Tu vois bien que la roue tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. Dans quel sens penses-tu que cette roue tournera si nous tirons sur notre piston A, c'est-à-dire que nous le déplaçons de droite à gauche? Examine bien le dessin ci-dessous et observe le mouvement de l'eau ainsi que le résultat apporté au niveau de la roue.

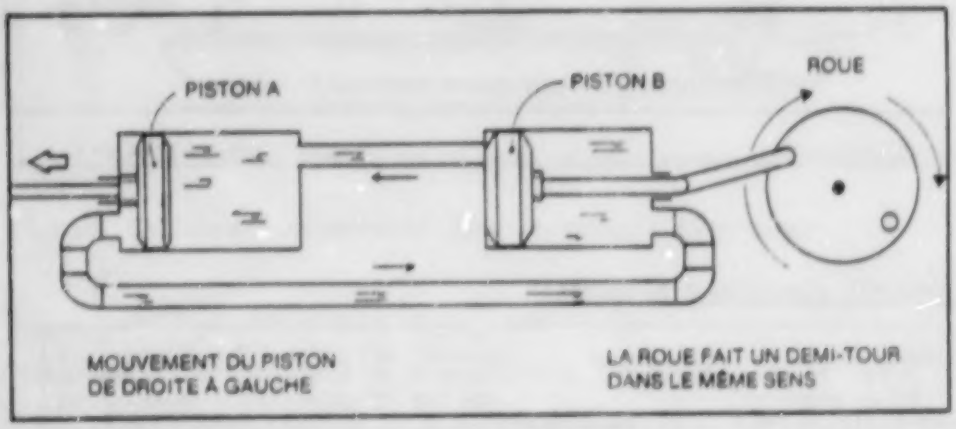


Fig. 3 Deuxième étape du mouvement alternatif.

Tu constates que la roue tourne encore dans le sens des aiguilles d'une montre. Elle conserve donc le même sens de rotation qu'auparavant. Que penses-tu qu'il adviendra si tu actionnes le piston de gauche à droite puis de droite à gauche sans arrêt? La roue tournera-t-elle toujours dans le même sens?

Si tu penses que oui, tu as raison! La roue tournera de façon continue dans le sens des aiguilles d'une montre sur notre schéma.

Avec ce que tu viens de voir, tu peux mieux comprendre ce qu'est un courant alternatif. Le meilleur moyen de visualiser le phénomène est de t'imaginer au centre du tuyau d'eau. Tu peux alors observer l'alternance très rapide du mouvement comme si le courant passait dans un sens et revenait puis retournait et ainsi de suite.

Fig. 4 Alternance rapide dans le mouvement du courant.

Le courant électrique alternatif

Pour bien comprendre le phénomène en électricité, présentons à nouveau notre modèle et appliquons-le à un circuit électrique.

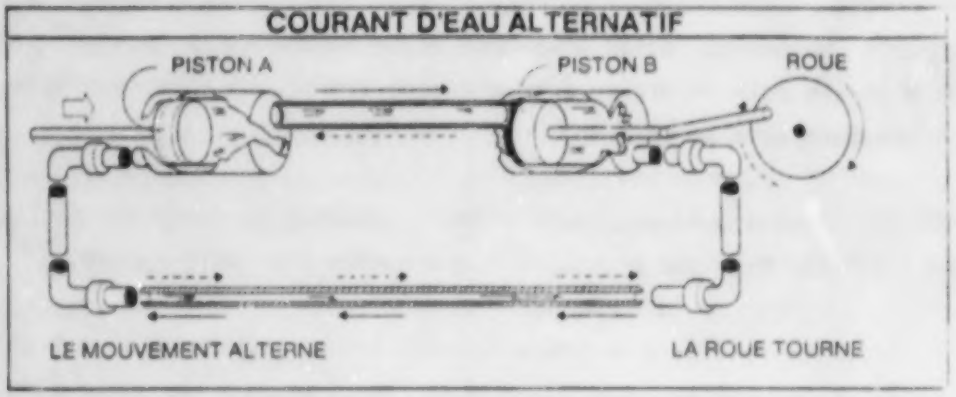


Fig. 5 Courant alternatif dans un circuit d'eau.

1 re ÉTAPE:	(——→)	GAUCHE À DROITE	résultat:	ROTATION DANS
2e ÉTAPE:	(←·····)	DROITE À GAUCHE		LE MÊME SENS

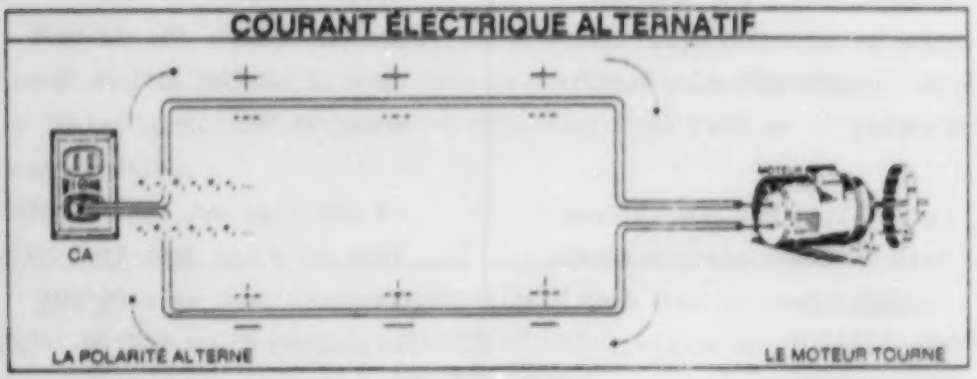


Fig. 6 Courant alternatif dans un circuit électrique.

1 re ÉTAPE (±)	POSITIF EN HAUT	résultat:	ROTATION DANS
2e ÉTAPE (⊥)	POSITIF EN BAS		LE MÊME SENS

Tout en examinant les figures 5 et 6, lis les remarques suivantes et essaie de comprendre les différentes comparaisons.

Si le piston A va de gauche à droite, l'eau est poussée dans le tuyau du haut; donc LA PRESSION EST PLUS ÉLEVÉE EN HAUT.

Le résultat est que la roue fait un demi-tour dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si la source a la polarité positive en haut, le courant est poussé vers le fil du haut; donc LE VOLTAGE EST PLUS ÉLEVÉ EN HAUT.

Le résultat est que le moteur fait un demi-tour dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si le piston va de droite à gauche, l'eau est poussée dans le tuyau du bas; donc LA PRESSION EST PLUS ÉLEVÉE EN BAS.

Le résultat est que la roue fait un autre demi-tour mais toujours dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si la source a la polarité positive en bas, le courant est poussé vers le fil du bas; donc LE VOLTAGE EST PLUS ÉLEVÉ EN BAS.

Le résultat est que le moteur fait un autre demi-tour mais toujours dans le sens des aiguilles d'une montre.

La polarité

Encore ici, les polarités entrent en jeu. Rappelle-toi que la borne possédant le voltage le plus élevé obtient la POLARITÉ POSITIVE et la borne possédant le voltage le moins élevé obtient la POLARITÉ NÉGATIVE.

Comme la pression d'eau dans le circuit est élevée en haut puis élevée en bas de façon alternative dans la tuyauterie d'eau, nous nous devons d'avoir le même phénomène dans le circuit électrique. C'est pourquoi nous avons une alternance dans les polarités. Remarque dans le schéma les signe +, -, +, - inscrits sur chaque borne de la source CA. Cette dernière provoque donc un changement de polarité tout comme le piston provoque un changement de direction du courant d'eau.

Rappelle-toi que le courant électrique circule toujours du positif au négatif. Ainsi, au moment où la source CA présente une polarité positive en haut, le courant circule dans le sens des aiguilles d'une montre. Dès que cette même machine inverse les polarités et présente une polarité positive en bas, le courant circule dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

Ce qu'il faut retenir!

Finalement, quel que soit le sens de circulation du courant, retiens que le mouvement créé dans le moteur est ininterrompu. Ceci nous fait penser étrangement au mouvement créé dans le circuit en courant continu.

SOURCE	MILIEU CONDUCTEUR	APPAREIL
COURANT CONTINU -->	MOUVEMENT DANS --> UN SEUL SENS	ROTATION DANS UN SEUL SENS
COURANT ALTERNATIF -->	MOUVEMENT DANS --> LES DEUX SENS	ROTATION DANS UN SEUL SENS

En résumé, le courant alternatif peut se définir comme suit.

Un courant alternatif est un courant qui circule tour à tour dans les deux sens du circuit avec une alternance excessivement rapide. Il apporte au système qui attend l'énergie le même résultat que le courant continu.

Tu vois que le courant alternatif se comporte de façon différente par rapport au courant continu. Cependant, le résultat final est le même. Nous avons utilisé dans notre comparaison un des effets de l'électricité soit le mouvement. Il est évident que le principe est le même pour les autres utilisations de l'électricité comme par exemple la lumière pour éclairer ou la chaleur pour souder.

L'énergie électrique, qu'elle soit véhiculée par du courant continu ou alternatif, peut apporter les mêmes résultats. Une lampe de poche fonctionne au courant continu (piles) et fournit de la lumière. De la même façon, une lampe de salon fonctionne au courant alternatif (prise du secteur) et fournit également de la lumière.

Fig. 7 Effet de lumière généré par les deux types de courant.

Il y a évidemment plusieurs différences entre les deux types de courant puisque tu utilises un ou l'autre selon certaines applications. Ton expérience à l'atelier te permettra de cerner ces différentes possibilités. L'objectif de ce module était de te faire visualiser le mouvement du courant alternatif et de bien comprendre les différences par rapport au mouvement du courant continu. De façon à vérifier si tu as atteint cet objectif, essaie de répondre aux questions-synthèses.

Nomme les éléments utilisés dans la comparaison entre un courant d'eau et un courant électrique.

COURANT D'EAU ALTERNATIF	*COURANT ELECTRIQUE ALTERNATIF*
La source d'énergie est _____.	*La source d'énergie est* _____.
Le milieu conducteur est _____.	*Le milieu conducteur est* _____.
L'appareil qui consomme l'énergie est _____.	*L'appareil qui consomme l'énergie est* _____.

Suite au mouvement alternatif du piston dans le montage du circuit d'eau, quelle est la conséquence sur le sens de rotation de la roue? _____

Pourquoi le sens du courant est-il alterné dans le circuit électrique tout comme le mouvement du piston est alterné dans le circuit d'eau? _____

Pourquoi n'as-tu pas de choix de polarités à faire en courant alternatif tout comme tu avais à le faire en courant continu (polarité inverse ou normale)? _____
_____
_____

Voilà ce que nous avions à te dire à propos du courant alternatif. Cette fameuse alternance dans le mouvement des charges électriques se produit de façon très rapide. Ainsi, le phénomène est différent de celui en courant continu qui ne présente qu'un seul sens de circulation soit d'une borne à l'autre.

La comparaison entre les deux types de courant peut maintenant s'établir de façon plus claire dans ton esprit. Le module de synthèse situé à la fin du thème pourra t'aider dans cette démarche.

NOTES: _____

THÈME 1 - LE COURANT ELECTRIQUE

MODULE DE PROLONGEMENT
LA FRÉQUENCE

As-tu déjà entendu le terme "fréquence" dans ton atelier de travail? C'est un mot qui se rapporte au courant électrique alternatif seulement. Pourquoi cela?

Nous avons vu dans le module précédent comment se comporte un courant alternatif. Il se produit une alternance dans la circulation des charges, c'est-à-dire que le courant change de sens continuellement. Assure-toi de bien comprendre ce principe avant d'aborder la notion de fréquence.

La fréquence du courant d'eau

Nous allons prendre un exemple pour que tu comprennes bien ce que nous entendons par fréquence. Revenons à notre conduite d'eau avec le piston. Dans ce montage, le piston se déplace dans un sens puis dans l'autre pour ainsi créer un courant d'eau alternatif. Voyons comment la notion de fréquence peut être insérée dans cet exemple.

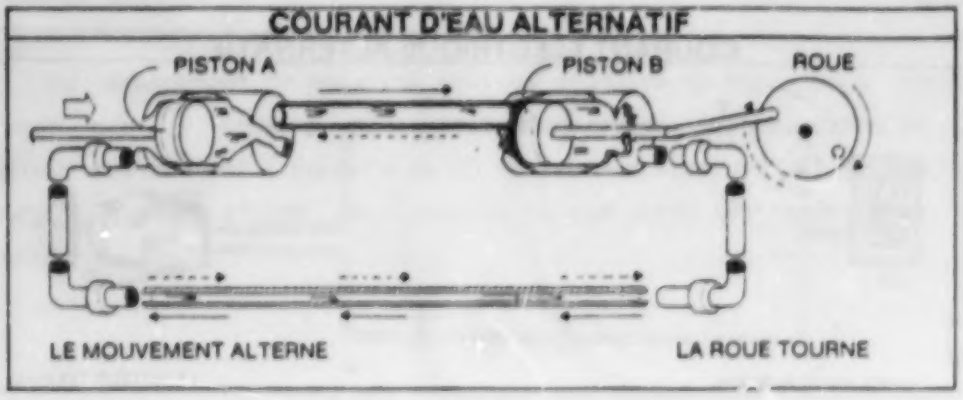


Fig. 1 Courant alternatif dans un circuit d'eau.

Dans le schéma précédent, imaginons que le piston s'est déplacé de gauche à droite, puis de droite à gauche, c'est-à-dire qu'il est revenu à son point de départ. On dit qu'il a effectué un cycle complet.

La fréquence du mouvement est le nombre de cycle effectué par le piston chaque seconde.

Si, par exemple, le déplacement que nous venons de décrire a duré 1 seconde, on dit qu'il a effectué 1 cycle en 1 seconde. La fréquence est donc de 1 cycle par seconde.

Maintenant qu'en est-il en ce qui concerne le circuit électrique?

La fréquence du courant électrique

Le principe est exactement le même pour un courant d'électricité. La source de courant présente une alternance dans ses polarités tout comme le piston présente une alternance dans son mouvement. Cette source provoquera donc également un cycle dans son changement de polarité.

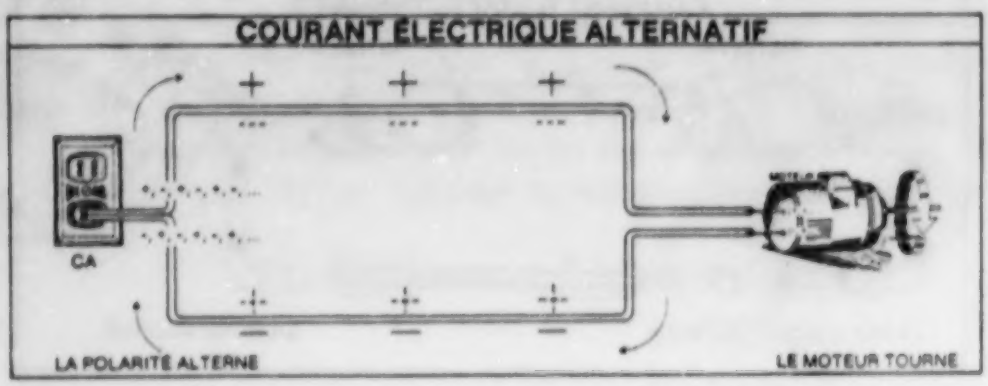


Fig. 2 Courant alternatif dans un circuit électrique.

Si la polarité de la borne supérieure de la prise CA passe de positive à négative puis redevient positive, c'est-à-dire qu'elle revient à sa polarité de départ, on dit qu'elle a effectué un cycle complet. Si, par exemple, ce changement a duré 1 seconde; on dit qu'il y a eu 1 cycle par seconde. Ici encore, la fréquence est de 1 cycle par seconde.

Nous avons choisi un exemple de 1 seconde pour faciliter ta compréhension. L'appareil fait un cycle en 1 seconde, c'est-à-dire change de position puis revient à sa position de départ et cela en 1 seconde.

Cependant, si nous ralentissons ou accélérons le mouvement d'alternance du piston ou de la source CA, le temps requis pour faire un cycle sera différent. C'est donc dire que la fréquence est variable selon le mouvement d'alternance de l'appareil.

Par exemple, si la fréquence est de 10 cycles par seconde, la machine CA changera de polarité (+ à -) puis reviendra à sa polarité de départ (- à +) tout cela 10 fois en 1 seconde. C'est très rapide, n'est-ce pas?

Le changement de polarité peut se produire de façon plus rapide encore car le courant alternatif d'une prise murale branchée au secteur possède une fréquence de 60 cycles par seconde. C'est avec un courant alternatif de ce type que tu exécutes tes opérations de soudage.

Le courant électrique alternatif habituellement utilisé possède une fréquence de 60 cycles par seconde. En d'autres mots, la polarité passe du positif au négatif puis revient au positif tout cela 60 fois par seconde.

Si nous voulons comparer ce cas à ce qui se produit dans notre tuyauterie d'eau, nous constatons qu'il s'agit d'un mouvement extrêmement rapide. En effet, le piston doit se déplacer de gauche à droite puis revenir de droite à gauche 60 fois par seconde. L'alternance est tellement rapide qu'elle est invisible à l'oeil nu. C'est ce qui se produit en réalité dans un courant électrique alternatif. L'alternance des polarités aux bornes est presque impossible à déceler tellement elle se fait rapidement.

Maintenant, comprends-tu pourquoi le terme fréquence s'applique seulement au courant alternatif? Comprends-tu le principe de la fréquence?

Pour vérifier cela, essaie de répondre à la question suivante. Réfléchis bien en la lisant.

Il y a deux changements de polarité dans un cycle (positif à négatif puis négatif à positif). Combien penses-tu qu'il y aura de changements de polarité par seconde dans le courant alternatif que tu utilises à la maison ou à l'atelier? _____

Discutes-en avec tes amis ou ton professeur. La réponse est étonnante. Tant de changements de polarité en une seule seconde!

Et ce n'est pas tout! Il existe des appareils appelés générateurs de haute fréquence qui sont capables de produire un courant alternatif présentant des valeurs de fréquence absolument incroyables. Nous parlons de fréquences de l'ordre du mégacycle soit 1 million de cycle par seconde. Tu auras l'occasion d'entendre parler de ces appareils lorsque tu étudieras le soudage par induction.

Pour ce qui est de ce module, rappelle-toi que la fréquence est le nombre de cycles que fait un courant alternatif en 1 seconde. L'unité utilisée est le hertz. Par exemple, le cas cité au début de ce module présentait un piston et une source CA fonctionnant sur une fréquence de 1 cycle par seconde. On peut dire qu'ils opérsient sur une fréquence de 1 hertz. De même, un courant électrique alternatif conventionnel possède une fréquence de 60 hertz. Tu peux d'ailleurs vérifier cela en examinant différents appareils électriques de la maison. Ils sont tous conçus pour fonctionner avec ce type de courant.

Prolongement : la fréquence

NOTES:

THÈME 1 - LE COURANT ÉLECTRIQUE

MODULE DE SYNTHÈSE

Le premier thème est sur le point de se terminer. Tu as pu apprendre jusqu'à maintenant quelques notions relatives au courant électrique. Dans le but d'établir une synthèse de ce thème, essaie de retenir les différents points que nous te présentons ici. Ils t'aideront à effectuer le module d'évaluation. Souviens-toi que nous pouvons comparer des charges électriques dans un fil à des gouttelettes d'eau dans un tuyau.

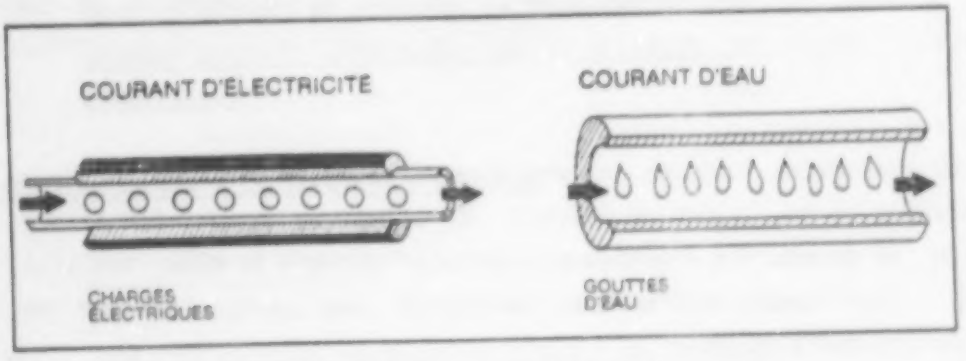


Fig. 1 Comparaison entre les charges électriques et les gouttelettes d'eau.

Première partie - Le voltage et l'ampérage

La comparaison précédente peut t'aider à développer les notions de voltage et d'ampérage. Un courant électrique, qu'il soit continu ou alternatif, est caractérisé par son voltage qui est la force à laquelle se déplace ce courant. De plus, l'ampérage d'un courant électrique est la quantité de charges électriques en mouvement dans le fil électrique.

LE VOLTAGE --> FORCE DU COURANT
L'AMPÉRAGE --> QUANTITÉ DE COURANT

De ces deux variables, le voltage est le plus susceptible de subir une transformation dans un circuit électrique. En effet, un appareil électrique nécessite une certaine quantité d'énergie pour fonctionner de façon efficace. Pour ce faire, il prend ce dont il a besoin au passage du courant électrique. Ainsi, le courant subit une chute de voltage à la sortie de l'appareil électrique. C'est cette énergie empruntée au courant qui permet à l'appareil de faire ce pour quoi il est conçu, par exemple, de la lumière, du mouvement ou de la chaleur.

Ces diverses options peuvent être offertes au consommateur par l'entremise de deux types de courant. En effet, le courant électrique continu et le courant électrique alternatif donnent le même résultat final. Leur seule différence importante est dans le mode de circulation des charges.

Deuxième partie - Le courant continu

LE COURANT CONTINU est un courant qui ne circule que dans un sens à la fois dans le circuit. Il circule toujours du positif au négatif.

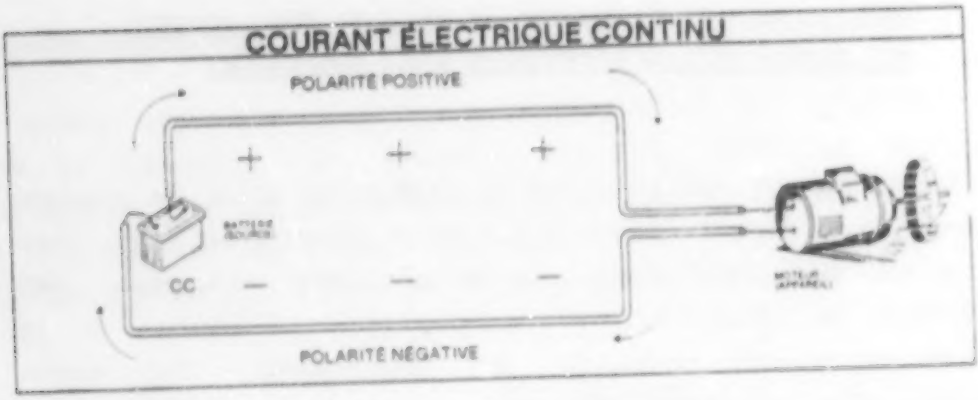


Fig. 2 Courant continu.

Dans un circuit de soudage, le résultat apporté est la grande chaleur provoquée par la création de l'arc électrique.

Troisième partie - Le courant alternatif

LE COURANT ALTERNATIF est un courant qui change constamment de sens et cela de façon très rapide. En fait, il circule toujours du positif au négatif. Mais comme les polarités (+) et (-) sont alternées sans arrêt dans la source, le courant change de sens pour respecter cette circulation du (+) vers le (-).

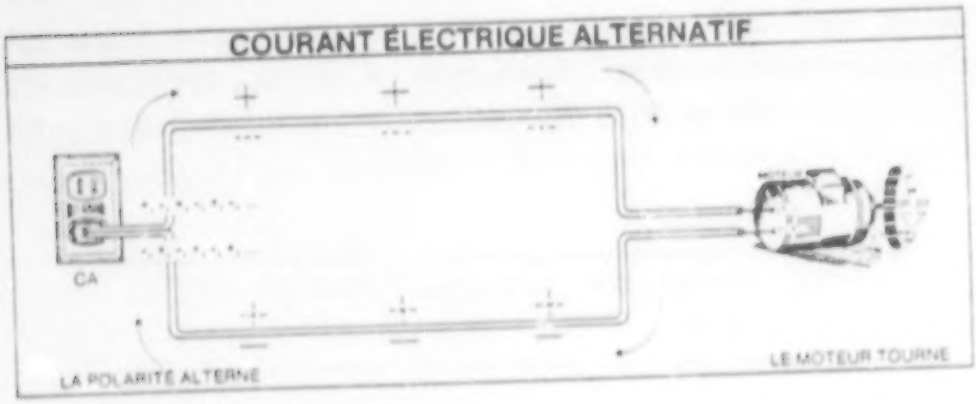


Fig. 3 Courant alternatif.

Synthèse

Dans un circuit de soudage, le résultat final apporté est le même soit la création de l'arc électrique.

Il y a bien entendu certaines différences entre le courant continu et le courant alternatif puisque tu utilises ces deux types de courant de façon distincte dans tes opérations de soudage. Ces différences se situent au niveau de la puissance de l'arc et de la quantité de chaleur distribuée aux deux bornes. Nous aurons l'occasion d'en reparler au thème 5.

Par l'expression "même résultat final" souvent utilisée dans ce module, nous avons voulu te montrer que les deux types de courant ont le même but premier soit d'apporter une grande quantité de chaleur par la création de l'arc électrique.

Quatrième partie - Le sens du courant

Nous avons pu voir dans les deux modules sur les types de courant plusieurs autres notions comme la polarité. Cette polarité est étroitement liée à la notion de voltage. En effet, un voltage élevé détermine une polarité positive avant l'intervention de l'appareil électrique. A la sortie de cet appareil, le voltage, ayant subi une baisse, obtient une polarité négative. Ce principe confirme le sens conventionnel du courant électrique.

LE SENS CONVENTIONNEL DU COURANT ÉLECTRIQUE EST DU POSITIF AU NÉGATIF.

Et cela vaut pour les deux types de courant. Souviens-t'en!

Cinquième partie - La fréquence

Enfin, une notion secondaire se rattache au courant alternatif, c'est la fréquence. La fréquence est le nombre de cycles qu'effectuent les charges électriques du courant lors de l'alternance des polarités de la source. Par exemple, le courant électrique alternatif disponible à la maison en est un de 60 hertz (Hz).

Cela signifie qu'une borne passe de la polarité positive à la polarité négative puis revient à sa polarité initiale soit positive tout cela 60 fois en une seconde.

Voilà qui résume en quelques pages l'essentiel du contenu offert dans les modules précédents. L'objectif visé était d'augmenter ta compréhension concernant les caractéristiques de base du courant électrique. Ceci constitue une première étape dans ton étude des phénomènes électriques associés au soudage.

Il faut dire que l'électricité est une matière qui comprend une grande quantité de notions. Parmi celles-ci, la résistance et la puissance sont des concepts extrêmement importants auxquels tu auras à faire face dans ta carrière de soudeur. Le prochain thème (le circuit électrique) répond à ces attentes.

NOTES:

THÈME 2 - LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

FICHE D'INFORMATION

Problèmes abordés

Ton étude des phénomènes électriques se poursuit avec ce deuxième thème. Maintenant que tu devrais avoir mieux compris les caractéristiques d'un courant dans un fil électrique, tu peux étudier ce qui se produit dans un circuit complet. Cette étude pourra t'aider à trouver la réponse à plusieurs questions dont les deux suivantes présentées à titre d'exemple.

Lorsque tu ajustes le voltage ou l'ampérage de ton arc de soudage, tu remarques que celui-ci est plus ou moins performant. La puissance de cet arc est variable selon tes ajustements. Mais qu'est-ce que la puissance? Pourquoi par exemple, une ampoule de 100 watts éclaire-t-elle plus qu'une ampoule de 60 watts?

Il peut parfois arriver des accidents dans un atelier de travail. Un fusible peut brûler ou un disjoncteur se fermer. On doit alors remédier à la situation et vérifier les panneaux de l'entrée électrique. Comment doit-on réagir face à tout cela?

Objectifs visés

OBJECTIF GÉNÉRAL
Définir les deux principales caractéristiques d'un circuit ou d'un appareil électrique, soit la puissance et la résistance.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Identifier les principales composantes d'un circuit élémentaire.
- Définir la notion de puissance.
- Définir la notion de puissance appliquée à un circuit ou un appareil électrique.
- Nommer les deux façons de modifier la valeur de la puissance dans un circuit.
- Appliquer la formule de la puissance à des problèmes numériques relatifs à des circuits simples.
- Nommer la raison pour laquelle un appareil électrique peut être qualifié de résistance électrique.
- Définir la loi d'Ohm et l'appliquer à des problèmes numériques relatifs à des circuits simples.
- Enumérer les conséquences entraînées par l'ajout d'appareils électriques sur un même circuit.
- Nommer les quatre principaux appareils de mesure ainsi que leurs méthodes de branchement dans un circuit électrique.

Démarche proposée

Nous te suggérons la visite de ton atelier avant la lecture de ce deuxième thème. Observe plus particulièrement les connexions, les fils, les points de liaison et les entrées électriques qui font partie du réseau électrique de l'atelier. Regarde également les renseignements inscrits sur les plaquettes rivetées aux divers appareils électriques (par exemple les valeurs de puissance en watts des perceuses, meules et autres appareils).

Contenu du thème

Module d'introduction 59
Module d'acquisition 1: la puissance 65
Module d'acquisition 2: la résistance 77
Module de prolongement 1: la combinaison de résistances . .87
Module de prolongement 2: les appareils de mesure 93
Module de synthèse 101

THÈME 2 - LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

MODULE D'INTRODUCTION

Le 110 ou le 220 volts?

As-tu déjà remarqué les valeurs de voltage qui sont disponibles à l'entrée électrique de ta maison? Ce sont le 110 volts et le 220 volts. La plupart des appareils électriques que tu utilises dans la vie de tous les jours fonctionnent à partir du 110 volts. Tu peux vérifier ce fait en examinant l'envers de quelques appareils. Tu remarqueras la notation 110V sur chacun d'eux. Quant au 220 volts, il est réservé aux appareils forts consommateurs d'énergie telles la cuisinière électrique ou la sécheuse à linge. Ces appareils ont besoin d'une plus grande force de courant pour être efficaces.

Malgré ce voltage plus élevé, de nombreuses personnes affirment qu'un appareil fonctionnant dans de telles conditions est plus économique. Ils argumentent qu'un appareil opérant sur le 220 volts dépense moins de courant qu'un appareil semblable utilisant le 110 volts. Cela est vrai mais ont-ils raison de prétendre que la facture d'électricité sera moins élevée?

Il serait important d'étudier cette question pour les raisons suivantes. Tout d'abord, si un jour tu es propriétaire d'une maison ou d'un commerce, tu auras à planifier tes dépenses d'électricité. De plus, si tu deviens responsable d'un atelier dans le domaine du soudage, tu verras que de nombreux appareils électriques sont nécessaires.

Imagine-toi quelques instants dans ton propre atelier. Pense à une situation où plusieurs appareils fonctionnent en même temps. Il y a les postes de soudage, les meules, les perçeuses, le système de ventilation, le système de chauffage ainsi que l'éclairage de la pièce. Qu'arrive-t-il lorsque tant d'appareils sont branchés sur une même entrée électrique?

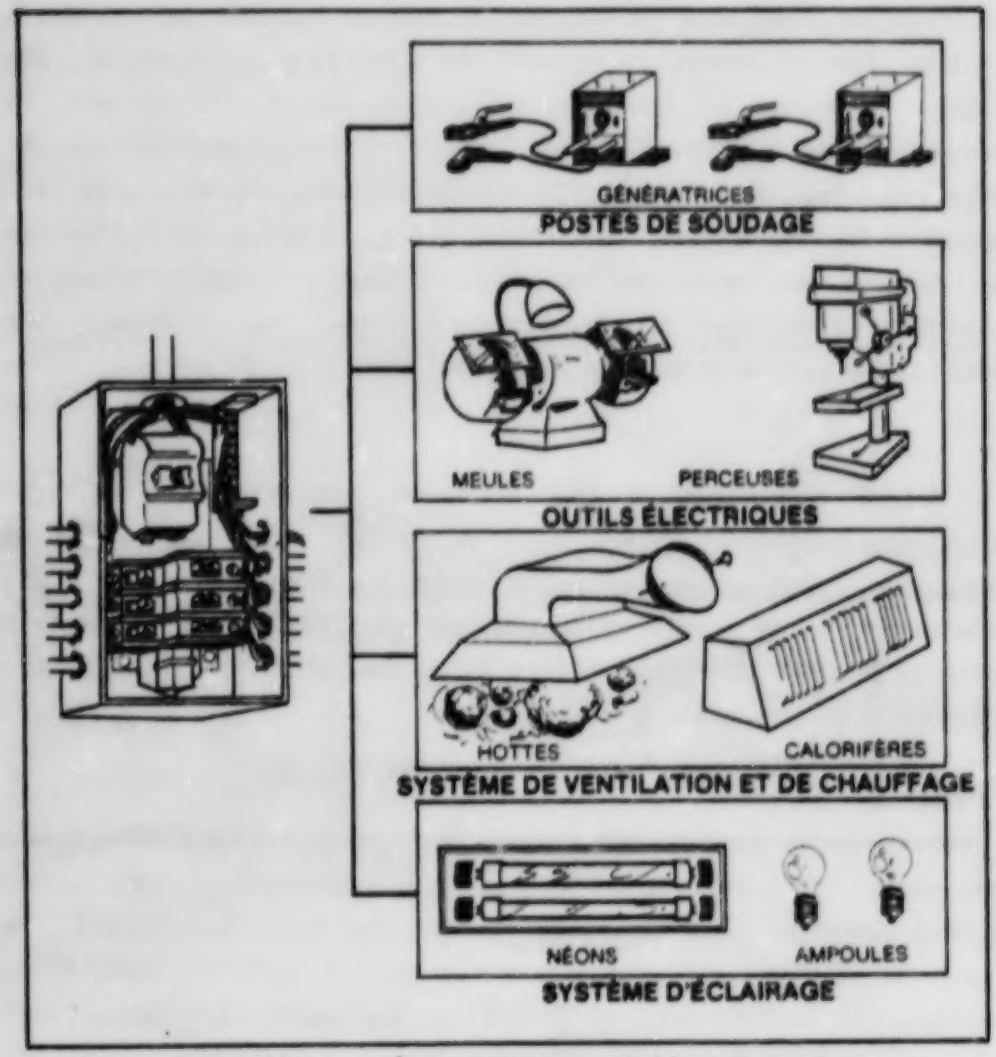


Fig. 1 Appareils en présence dans un atelier de soudage.

Tu vois bien que cette deuxième question mérite réflexion également. Il est possible pour toi d'apprendre à résoudre ces problèmes en nous accompagnant dans les prochaines pages. Les modules qui suivent te renseignent sur les principales caractéristiques d'un circuit électrique.

Chaque fois que tu utilises un appareil électrique, tu réalises un circuit électrique. Ce circuit est plus ou moins complexe selon le nombre d'appareils fonctionnant de façon simultanée.

En réalité, nous t'avons déjà présenté des exemples de circuit électrique. Rappelle-toi le module d'introduction au thème 1. La première figure présentait trois effets pouvant être générés par un courant électrique. Te souviens-tu de ces effets?

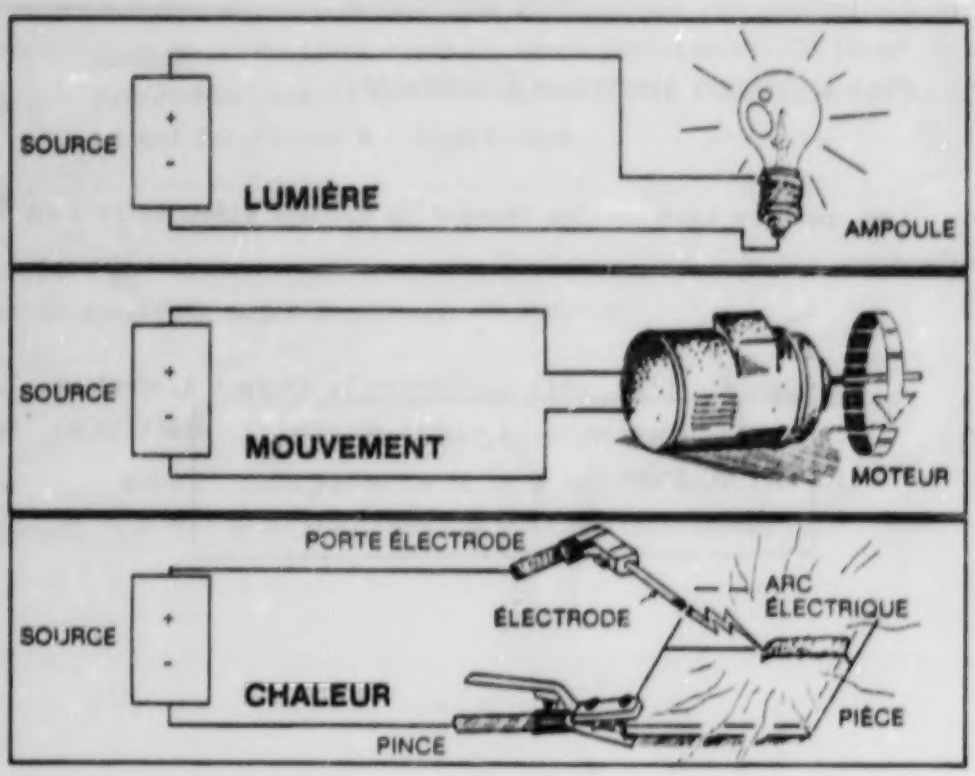


Fig. 2 Trois effets de l'électricité.

Même s'ils représentent trois effets différents du courant électrique, ces schémas se ressemblent fortement. Ils comportent tous une source, des fils et un appareil qui consomme l'électricité. On peut donc représenter un circuit quelconque par un schéma unique appelé circuit élémentaire.

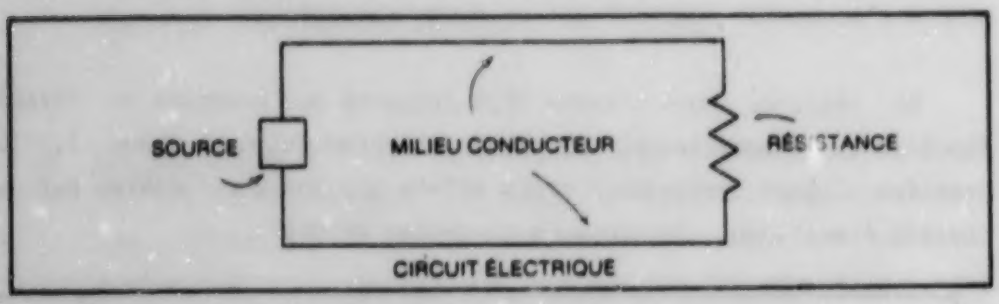


Fig. 3 Circuit électrique élémentaire.

Les parties essentielles formant le circuit élémentaire sont les suivantes.

1. La source. C'est elle qui génère le courant électrique. Tout ce qui concerne cette partie du circuit électrique fera l'objet du thème 3.

2. Le milieu conducteur. C'est la voie de circulation de l'électricité. Des fils électriques font habituellement le lien entre la source et l'appareil. Cependant, tu sais que l'électricité peut également circuler dans d'autres milieux. Tu n'as qu'à penser à ton arc électrique lorsque tu soudes avec ce procédé. Les charges électriques doivent alors traverser l'espace de l'arc puis la pièce à souder. Ces notions seront développées lors des thèmes 4 et 5 qui te sont présentés plus loin dans le cahier.

3. La résistance. C'est la troisième partie importante dans un circuit élémentaire. Elle reçoit l'énergie transportée par les charges électriques et s'en sert pour créer une utilité quelconque. Tu devines que nous parlons des appareils électriques. Pourquoi alors le terme résistance? Ce terme est préférable car il est plus général. Il s'applique à "tout" ce qui fonctionne à l'électricité.

Tu connais maintenant une première partie de ce qu'il est essentiel de savoir au sujet du circuit électrique.

> Tout circuit électrique est composé de trois éléments de base soit la source, le milieu conducteur et la résistance.

Cependant, ton apprentissage doit etre complété par deux notions fondamentales. C'est la PUISSANCE et la RÉSISTANCE d'un appareil ou d'un groupe d'appareils électriques. L'étude de ces notions pourra t'aider à répondre aux deux questions soulevées au début de ce module. Elle pourra également te faire comprendre ce qui se produit dans un atelier de soudage. Le bon fonctionnement d'un tel atelier est réglé par les valeurs de puissance et de résistance en jeu. Il n'y a aucun risque que tu fasses "sauter" une installation électrique si tu maîtrises bien ces deux notions. Nous t'invitons donc à lire ce thème avec attention. Le premier module d'acquisition traite de la puissance.

THÈME 2 - LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 1
LA PUISSANCE

Une nouvelle caractéristique d'un appareil!

Lorsque tu travailles dans ton atelier de soudage, tu peux observer de nombreux appareils électriques tout autour de toi. Nous en avons nommé plusieurs dans le module d'introduction. En plus des postes de soudage, tu manipules des outils comme les meules ou les perçeuses. Tu es également servi par les systèmes de climatisation, de chauffage et d'éclairage qui facilitent ton travail.

Est-ce qu'il t'est déjà arrivé d'examiner les caractéristiques de tous ces appareils électriques? L'étiquette apposée sur ceux-ci précise le voltage admissible. Tu sais déjà ce qu'est le voltage. Le thème 1 t'a aidé à comprendre cette notion. Cependant, chaque étiquette présente également une valeur de puissance. Elle est indiquée en watts ou en hp. Une meule peut avoir une puissance de 1/3 hp. Une ampoule peut fournir 100 watts. Un séchoir à cheveux peut développer 1000 watts. Ce sont des exemples parmi tant d'autres. Mais que représente donc cette valeur de puissance? Y a-t-il moyen de relier cette notion à ce que tu connais déjà: par exemple, le voltage et l'ampérage?

Qu'est-ce que la puissance?

Essayons de répondre à cette première question en se basant sur une comparaison. Imagine-toi en train de transporter du sable à l'aide d'une brouette. Tu dois remplir cette brouette avec une pelle pour ensuite la vider à un autre endroit.

Fig. 1 Transport du sable en brouette

Tu devines qu'il y a plusieurs façons d'effectuer ce travail. Prenons par exemple les deux possibilités suivantes. Dans un premier cas, tu décides de travailler avec de grosses pelletées mais à un rythme très lent. Tu remplis une brouette en 10 minutes. De façon à connaître ton efficacité, on calcule ta moyenne de brouettées par heure.

1 brouettée en 10 minutes.
X brouettées en 60 minutes.
On trouve X = 6 brouettées par heure.

On imagine maintenant un deuxième cas où tu changerais de méthode. Tu travaillerais plutôt avec de petites pelletées et à un rythme très rapide. Supposons que tu remplirais la même brouette cette fois en 5 minutes. Calculons encore ici ton efficacité.

1 brouettée en 5 minutes.
X brouettées en 60 minutes.
On trouve X = 12 brouettées par heure.

Tu vois que ton rendement serait plus efficace si tu utilisais la deuxième méthode. On pourrait ainsi dire que tu développes une plus grande puissance. Ceci nous permet de comprendre plusieurs choses. Tout d'abord, il est évident que la PUISSANCE tient compte de la FORCE à laquelle le travail est effectué. Mais ce n'est pas tout! La PUISSANCE dépend également d'un autre facteur. Remarque dans le premier cas où tu utilises de grosses pelletées. Tu peux être très fort mais cela ne veut pas nécessairement dire que le sable est transporté rapidement. La notion de puissance est donc également liée au TEMPS requis pour effectuer le travail.

> La puissance dépend de la quantité de travail qu'il faut faire pour accomplir une opération et au temps requis pour exécuter celle-ci.

Qu'est-ce que la puissance électrique?

Nous venons de t'expliquer la notion de puissance sous sa forme générale. Voyons maintenant le rapprochement avec l'électricité. Prenons le cas des ampoules électriques. Tu sais qu'une ampoule de 100 watts éclaire plus fort qu'une ampoule de 25 watts.

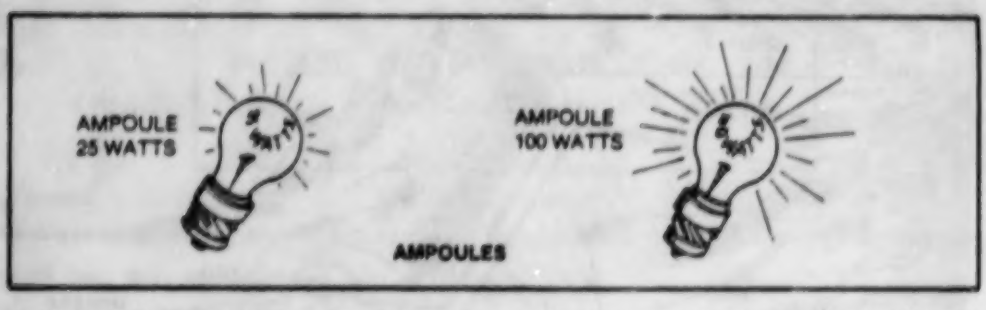


Fig 2. Ampoules présentant deux niveaux de luminosité différents.

Elles sont pourtant toutes deux reliées à une source de 110 volts (l'entrée électrique conventionnelle de ta maison). Quelle est la raison de ce phénomène? Il est possible de répondre à cette question en examinant quels facteurs ont une influence sur la puissance dans un circuit électrique.

La puissance d'une turbine

Pour bien visualiser ces facteurs, utilisons une comparaison simple. Rappelle-toi ce que nous avons fait au thème 1. Nous avons effectué un rapprochement entre la circulation de l'électricité et l'écoulement de l'eau. Introduisons donc dans ce module une turbine à eau comme celle qui était présente dans le module sur le courant continu.

Cependant, le montage n'est pas le même. Examine bien l'installation schématisée dans la figure 3. Nous y voyons tout d'abord un immense lac alimenté par une rivière. L'eau s'écoule dans une tuyauterie pour finalement agir sur la turbine. Cette turbine entre en rotation avec un certain rendement. On dit qu'elle développe une certaine PUISSANCE. Tout en observant notre schéma, es-tu capable de nous dire comment la puissance de cette turbine pourrait être modifiée?

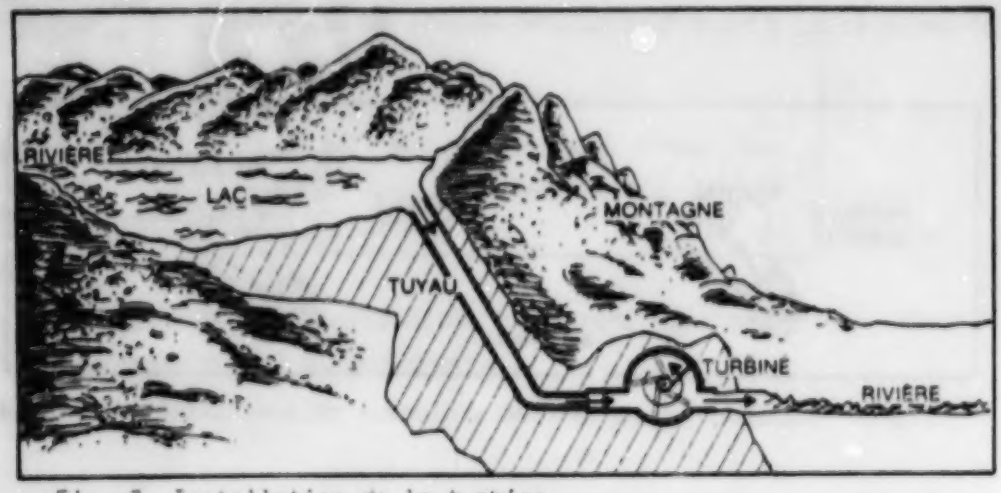


Fig. 3 Installation de la turbine.

En réalité, il y a deux façons de modifier la puissance de cette turbine. Peux-tu imaginer lesquelles? Essaie de les trouver par toi-même. Ensuite, poursuis ta lecture.

Avant d'examiner ces deux façons, rappelons brièvement quelques notions vues dans le thème 1. Dans le but d'étudier les caractéristiques du courant électrique, une comparaison était faite entre un circuit d'eau et un circuit électrique.

TURBINE À EAU	APPAREIL ÉLECTRIQUE
Une turbine peut tourner sous l'action d'un courant d'eau créé par une pompe.	Un appareil électrique, par exemple un moteur, peut tourner sous l'action d'un courant électrique créé par une source.

Un courant d'eau est caractérisé par sa pression et son débit.

> La PRESSION est la force qui agit sur le courant d'eau.
>
> ---
>
> Le DÉBIT est la quantité d'eau qui circule dans la tuyauterie à chaque seconde.

Pareillement en électricité, un courant électrique est caractérisé par son voltage et son ampérage.

Le VOLTAGE est la force qui agit sur le courant électrique.

L'AMPÉRAGE est la quantité de charges électriques qui circule dans le fil à chaque seconde.

Revenons maintenant à notre comparaison. Voyons s'il est possible de modifier le rendement de la turbine en changeant certaines parties de l'installation. Les rappels que nous venons d'effectuer concernant le thème 1 devraient nous aider dans cette démarche.

Imaginons tout d'abord une <u>hauteur de chute plus élevée</u>. La turbine serait alors située à un niveau plus bas de la montagne. Quelle serait la conséquence sur la turbine? Quel rapprochement peut-on faire avec un appareil électrique?

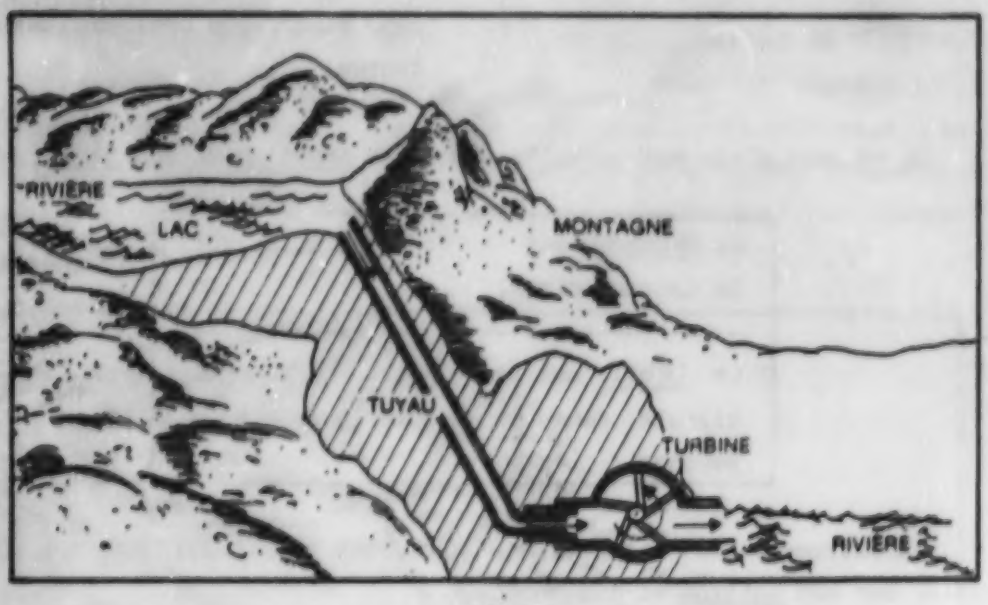


Fig. 4 Modification de la hauteur de chute dans l'installation.

TURBINE À EAU	APPAREIL ÉLECTRIQUE
Une hauteur de chute plus élevée entraîne une plus grande force dans le courant d'eau lors de l'arrivée à la turbine. La pression du courant étant plus élevée, la turbine développe une plus grande puissance.	Pareillement en électricité, une plus grande force dans le courant signifie un plus grand voltage généré par la source. Le voltage étant plus élevé, cet appareil développe une plus grande puissance.

CONDUITE D'EAU	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
En résumé, une augmentation de pression peut entraîner une augmentation de puissance.	En résumé, une augmentation de voltage peut entraîner une augmentation de puissance.

Imagine maintenant une autre situation où la hauteur de chute est la même mais ou la grosseur du tuyau est augmentée. On suppose qu'il y aurait une rivière plus importante pouvant ainsi fournir plus d'eau à la fois. Quelle serait la conséquence sur la turbine? Y aurait-il moyen encore une fois de faire un rapprochement avec un appareil électrique?

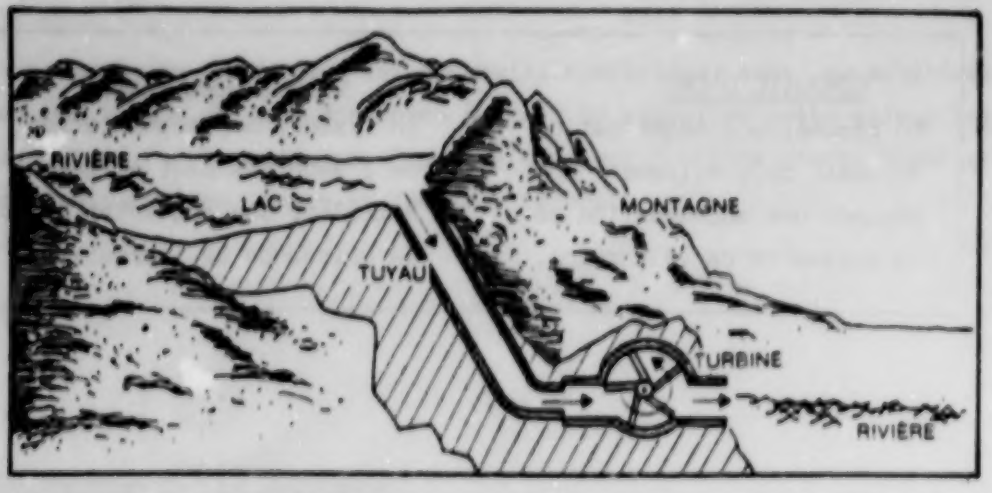


Fig. 5 Modification de la dimension du tuyau de l'installation.

TURBINE À EAU	APPAREIL ÉLECTRIQUE
Une plus grande quantité d'eau s'écoulant par unité de temps dans la tuyauterie signifie un débit plus élevé.	Pareillement en électricité, une plus grande quantité de courant circulant par unité de temps dans le fil signifie un ampérage plus élevé.
Comme la turbine reçoit une plus grande quantité d'eau dans un même temps, elle peut ainsi être plus performante. En d'autres mots, elle est plus puissante.	Comme un appareil reçoit une plus grande quantité de courant dans un même temps, il peut ainsi développer plus d'énergie. En d'autres mots, il est plus puissant.

Pour bien comprendre cette deuxième situation, rappelle-toi l'exemple de la brouette au début de ce module. La puissance de l'ouvrier ne dépendait pas seulement de sa force mais également de sa rapidité. Plus il travaillait rapidement, plus la quantité de sable transportée par heure était importante. C'est pourquoi l'on peut dire que l'ampérage du courant dans un circuit électrique a un effet sur la puissance d'un appareil.

CONDUITE D'EAU	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
En résumé, une augmentation du débit peut également entraîner une augmentation de la puissance de la turbine.	En résumé, une augmentation de l'ampérage peut également entraîner une augmentation de la puissance de l'appareil.

Les deux situations que nous venons de te décrire nous permettent de définir les deux facteurs influençant la valeur de la puissance.

Dans une conduite d'eau, la puissance d'une turbine dépend à la fois de la pression et du débit qui caractérisent le courant d'eau.	Dans un circuit électrique, la puissance d'un appareil dépend à la fois du voltage et de l'ampérage qui caractérisent le courant électrique.

Une formule pour la puissance

Tu viens de voir que la valeur de la puissance dépend des valeurs de voltage et d'ampérage en présence dans un circuit. Cependant, comment fait-on pour connaître cette valeur de puissance de façon numérique? D'où vient le chiffre 1/3 hp apposé sur ta meule ou le chiffre 100 watts inscrit sur une ampoule? Y a-t-il moyen de calculer la puissance à l'aide des deux seules variables que tu connais soit le voltage et l'ampérage? La réponse est oui.

Comme tu sais, tous les appareils électriques sont caractérisés par une valeur de puissance bien à eux. On symbolise cette valeur par la lettre P. La puissance P peut s'exprimer à l'aide d'une relation mathématique très simple et facile à retenir.

$$P = V \times I$$

La valeur numérique de la puissance est toujours égale à la valeur numérique du voltage multipliée par la valeur numérique de l'ampérage.

Le symbole V représente le voltage du courant qui alimente un appareil électrique. Par exemple, une ampoule d'un système d'éclairage est alimentée par du 110 volts. Un élément chauffant de la cuisinière électrique reçoit du 220 volts. Un poste de soudage dans ton atelier peut fonctionner sur le 550 volts.

Le symbole I représente l'ampérage du courant qui alimente un appareil électrique. L'ampérage représente l'intensité du courant c'est pourquoi la lettre I a été choisie par convention. Chaque appareil consomme une quantité de courant différente. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle des puissances différentes sont associées à chacun de ces appareils.

Ceci peut t'aider à répondre à une question posée précédemment dans le module. Pourquoi une ampoule de 100 watts éclaire-t-elle plus fort qu'une ampoule de 25 watts? Regarde à nouveau la formule de la puissance. Comme P est plus élevé (100 au lieu de 25), cela suppose qu'une des deux valeurs (V ou I) est plus élevée. Tu sais que la valeur de V reste la même car les deux ampoules sont alimentées par du 110 volts. Que reste-t-il? L'ampérage, eh oui! On peut ainsi affirmer qu'un ampérage plus élevé se rend à l'ampoule de 100 watts. C'est ce qui lui permet d'être plus puissante, d'éclairer plus fort.

Les unités de puissance

Tout comme le voltage est mesuré en volts et l'ampérage est mesuré en ampères, on doit donner une unité de mesure à la puissance. Il en existe deux mais la plus souvent utilisée est le watt. Le prochain encadré est à retenir.

notion:	puissance
symbole:	P
unité:	watt
symbole:	W

Une autre unité est parfois employée. C'est le horsepower (hp). On l'emploie pour les moteurs électriques ou à essence. Son équivalence par rapport au watt est la suivante: 1 hp vaut 746 watts. Par exemple, un moteur de meule de 1/3 hp développe une puissance de 249 watts. Pour ce qui est des postes de soudage avec lesquels tu travailles, tu devines que la puissance est variable. En effet, les valeurs de voltage et d'ampérage pouvant être diverses, la puissance varie en fonction de ces valeurs. Selon les machines utilisées et les ajustements effectués, le voltage peut varier de 10 à 25 volts. Pareillement, l'ampérage peut se situer dans une gamme allant de 80 à 300 ampères.

En utilisant la formule de la puissance, on découvre que ton arc de soudage peut développer des puissances de l'ordre de 800 watts à 7500 watts. Tu peux donc facilement imaginer pourquoi tant de mesures de sécurité sont obligatoires dans ton atelier. Entre autres, les fils et isolants électriques doivent être régulièrement vérifiés pour éviter tout choc accidentel qui pourrait être fatal.

En terminant, voici quelques questions touchant les points principaux de ce module ainsi qu'une petite activité que tu pourras bien effectuer si tu le désires.

Quels sont les deux facteurs pouvant influencer la valeur de la puissance dans un circuit électrique? _____

Quelle est la formule mathématique de la puissance? _____

Quelles sont les valeurs de puissance présentées par ces différents appareils?

à l'atelier		*à la maison*	
moteur de meule:	_____	*bouilloire électrique:*	_____
moteur de perçeuse:	_____	*séchoir à cheveux:*	_____
autre à ton choix		*autre à ton choix*	
_____:	_____	_____:	_____

THÈME 2 - LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 2
LA RÉSISTANCE

Une première caractéristique d'un appareil: la puissance

Nous t'avons expliqué dans le module précédent une caractéristique importante d'un appareil électrique soit la PUISSANCE. Tu as pu comprendre de quoi dépend cette valeur de puissance.

L'exemple de l'ampoule électrique t'a permis de comprendre pourquoi deux appareils alimentés par le même voltage peuvent présenter deux valeurs de puissance différentes. Pourquoi une ampoule de 100 watts éclaire-t-elle plus fort qu'une ampoule de 25 watts? Les deux ampoules étant alimentées par du 110 volts, celle de 100 watts consomme un ampérage plus élevé. Puisqu'elle agit ainsi, c'est qu'elle possède une caractéristique différente (si on la compare à celle de 25 watts). Cette caractéristique est la RÉSISTANCE.

Une deuxième caractéristique d'un appareil: la résistance

Le module d'introduction t'a présenté un circuit élémentaire. C'est un circuit qui englobe de façon générale tous les circuits électriques. Peux-tu identifier les diverses composantes de la figure 1?

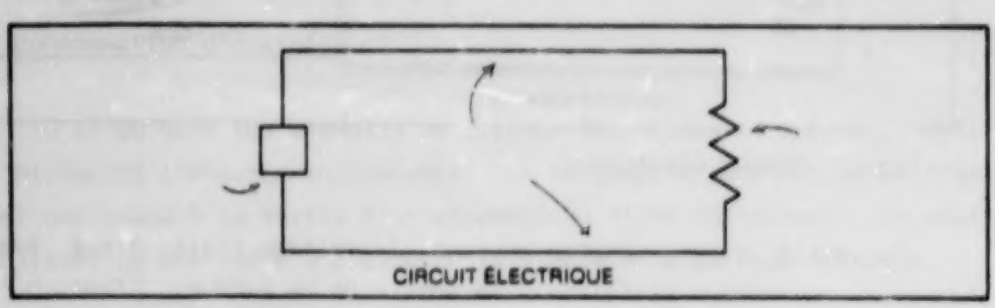


Fig. 1 Circuit élémentaire

Nous nous étions alors permis de remplacer le terme appareil électrique par résistance. C'est que les appareils électriques, quels qu'ils soient, opposent une certaine résistance lorsque le courant arrive à leur niveau. Ils empruntent alors la quantité d'énergie dont ils ont besoin pour être performants.

> Un appareil emprunte de l'énergie au courant électrique en lui opposant une résistance.

Des exemples de résistance

Si tu ne comprends pas ce que nous voulons dire ici, remémore-toi le thème 1. Un circuit électrique t'avait alors été présenté sous la forme suivante.

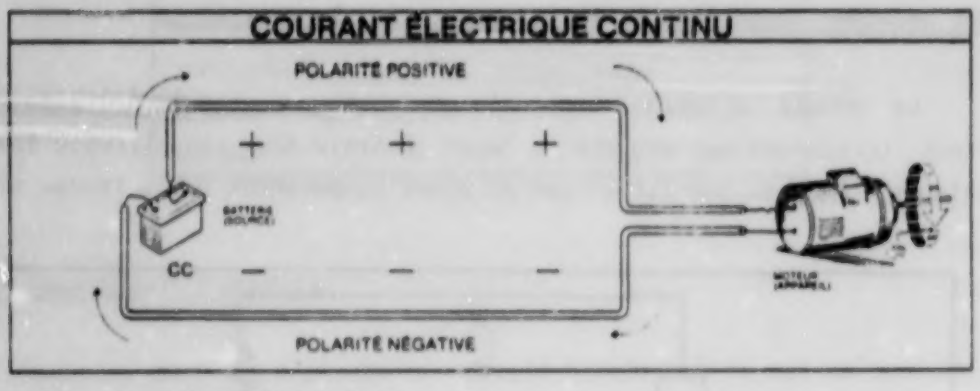


Fig. 2 Moteur électrique.

Tu avais alors compris pourquoi le voltage était élevé avant l'arrivée au moteur et faible à la sortie de ce moteur. C'est qu'un appareil électrique a besoin d'énergie pour fonctionner. Il oppose donc une résistance à la circulation de ce courant.

L'énergie empruntée à ce moment sert à effectuer le travail demandé, dans ce cas-ci la rotation du moteur. Le courant à la sortie du moteur possède ainsi moins de force. En d'autres mots, son voltage a chuté. C'est pourquoi le courant repart vers la source pour faire un nouveau plein d'énergie.

Le même phénomène se produit avec l'arc électrique lorsque tu soudes. De l'énergie est empruntée au courant à cause de la résistance causée par l'arc. Eh oui, ton arc agit comme une résistance. Quel est le résultat obtenu cette fois-ci? Pas la rotation d'un moteur évidemment. Rappelle-toi les différents effets que peut produire l'électricité. Il y en a trois principaux.

En résumé, il est essentiel de comprendre que tout ce qui fonctionne à l'électricité agit comme une résistance. Voilà la raison pour laquelle le terme résistance est venu prendre place dans le circuit élémentaire au début de ce module.

> La troisième partie d'un circuit élémentaire après la source et le milieu conducteur est la résistance. Tout appareil électrique constitue une résistance.

Une consommation d'énergie

Tu as vu dans les exemples de circuit électrique ce qui se produit au niveau de l'énergie en présence. Tu as compris pourquoi le voltage subit une chute à la sortie d'un appareil ou d'une résistance. On peut visualiser ce phénomène à l'aide de la figure 3 de la page suivante.

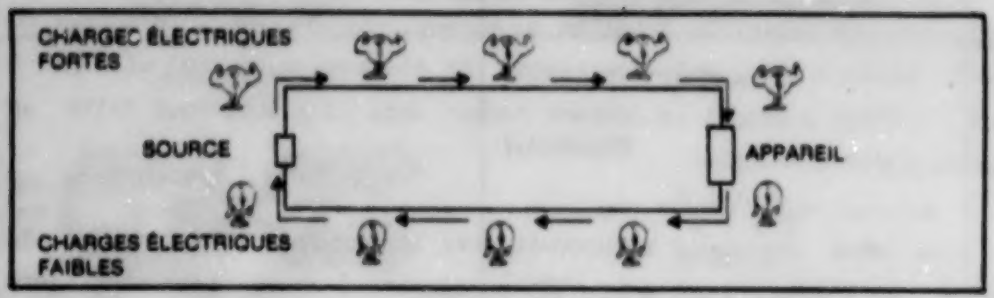


Fig. 3 État des charges électriques avant et après le passage du courant au niveau de l'appareil.

Cette situation nous fait penser à un phénomène semblable se produisant dans un système de chauffage à l'eau. Une certaine quantité d'eau est dirigée vers un calorifère à une température élevée. Puis, il y a perte de chaleur. Celle-ci sert à chauffer la pièce. L'eau poursuit ensuite sa route en direction de la source pour être chauffée à nouveau. Ainsi, l'eau a perdu de sa chaleur au niveau du calorifère tout comme un courant électrique subit une perte d'énergie au niveau de l'appareil.

La résistance dans une conduite d'eau

L'exemple précédent nous a permis de comprendre l'échange d'énergie se produisant entre le courant électrique et la résistance. Cependant, une autre comparaison est nécessaire pour bien visualiser ce qui se produit à l'intérieur de cette résistance. Quels sont les effets entraînés sur les valeurs de voltage et d'ampérage?

Imaginons donc un système qui agit comme une résistance, c'est-à-dire qui présente un obstacle au courant. Dans une conduite d'eau, une diminution soudaine du diamètre d'un tuyau provoque un effet semblable. Nous appelons cette diminution de diamètre un étranglement. Voici une comparaison entre une résistance et un étranglement.

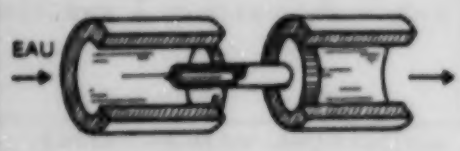
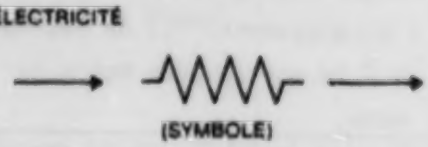
COURANT D'EAU	COURANT ÉLECTRIQUE
ÉTRANGLEMENT 	RÉSISTANCE 

Fig. 4 Comparaison entre un étranglement et une résistance.

Une pompe provoque dans la conduite une pression. Ceci crée un courant d'eau.	Une source provoque dans le circuit un voltage. Ceci crée un courant électrique.
La pression pousse l'eau à circuler dans l'étranglement.	Le voltage pousse les charges électrique à circuler dans la résistance.
Cet étranglement agit comme un obstacle au courant d'eau car l'espace est réduit.	Pareillement en électricité, une résistance agit comme un obstacle au courant électrique.
La première conséquence est la limitation de la quantité d'eau pouvant circuler dans cet étranglement et ainsi dans tout le circuit.	La première conséquence également causée dans une résistance électrique est la limitation de l'ampérage.

La deuxième conséquence est la chute de pression. Le courant d'eau dépense de l'énergie pour passer au travers l'étranglement. Il se retrouve à la sortie avec moins de force.	La deuxième conséquence également entraînée dans une résistance électrique est une chute de voltage.

Suite à cette comparaison, tu peux maintenant comprendre que chaque appareil électrique agit comme une résistance. Cette résistance peut cependant prendre toutes sortes de valeurs selon le rendement nécessité par l'appareil.

La résistance dans une ampoule

On peut ainsi revenir au problème de l'ampoule. Une ampoule de 100 watts donne une plus grande luminosité qu'une ampoule de 25 watts pour la raison suivante. Sa résistance est plus faible. C'est pourquoi un ampérage plus élevé peut alimenter cette ampoule. Tu n'as qu'à penser à l'étranglement dans la conduite d'eau. Un étranglement moins important laisse passer une plus grande quantité d'eau. Ainsi, dans notre ampoule, un ampérage plus élevé provoque une puissance plus élevée c'est pourquoi la luminosité est plus grande.

Une formule pour la résistance

L'exemple que nous venons de rappeler nous fait penser à la relation existante entre, d'une part, la PUISSANCE et, d'autre part, le VOLTAGE et L'AMPÉRAGE. Nous avons vu cette relation sous sa forme mathématique dans le module d'acquisition 1.

$$P = V \times I$$

N'y aurait-il pas moyen de trouver une r. 'ion mathématique du même genre entre, d'une part, la RÉSISTANCE et, d'autre part, le VOLTAGE et L'AMPÉRAGE. Nous avons compris qu'il y avait effectivement une dépendance entre ces trois valeurs lorsque nous avons comparé une résistance à un étranglement dans une conduite d'eau.

Cette relation mathématique se nomme la loi d'ohm et elle se présente comme suit.

> La différence de voltage aux bornes d'un appareil est égale à la valeur de la résistance imposée par cet appareil multipliée par la valeur de l'ampérage en circulation.

$$V = R \times I$$

On peut vérifier bien des cas à l'aide de cette relation. Pour n'en nommer qu'un, il y a celui de l'ampoule électrique. Nous disions que c'est la résistance plus faible et l'ampérage plus élevé qui causaient la plus grande luminosité d'une ampoule de 100 watts. Examine la formule! Tu sais que le voltage fournit aux deux ampoules est le même soit 110 volts. Nous t'avons dit que l'ampérage alimentant l'ampoule de 100 watts est plus élevé (valeur de I plus grande). Que doit-il se produire pour que la valeur de V reste diminuée. C'est effectivement ce que nous avions affirmé à la page précédente.

L'unité de résistance

Tu connais déjà les unités de mesure concernant le voltage, l'ampérage et la puissance. Pourrais-tu les rappeler ici?

NOTION	SYMBOLE	UNITÉ DE MESURE	SYMBOLE
VOLTAGE			
AMPERAGE			
PUISSANCE			

La résistance possède également une unité de mesure. C'est l'ohm.

notion: résistance
symbole: R
unité: ohm
symbole: Ω

Pour te citer un exemple concret, une ampoule de 100 watts présente une résistance de 120 ohms. Une ampoule de 25 watts offre une résistance de 480 ohms. C'est pourquoi une ampérage plus élevé peut circuler dans la première ampoule. Le courant reçoit une opposition moins forte. Si tu le veux, tu peux calculer toi-même la résistance d'une ampoule de 60 watts.

Pas de résistance!

Peux-tu imaginer maintenant ce qui se produit si l'on tente l'expérience suivante? Nous retirons la résistance du circuit et la remplaçons par un bout de fil de façon à permettre quand même la circulation du courant.

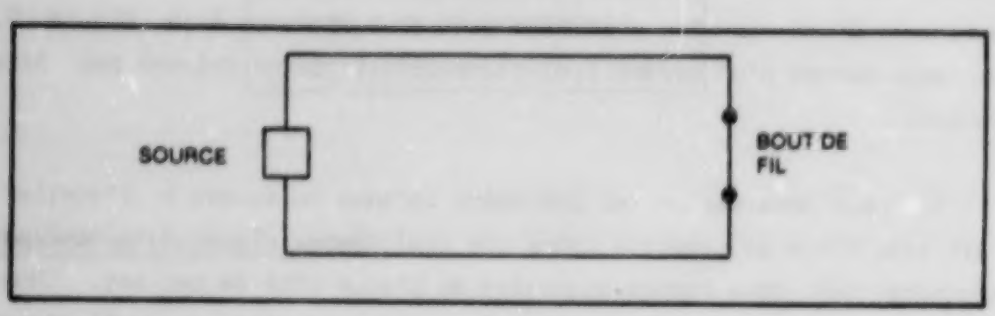


Fig. 5 Remplacement de la résistance par un fil.

Tu sais que le courant électrique provient de la source avec beaucoup de force, beaucoup d'énergie. Il possède un voltage élevé. Cependant, dans la figure 5, l'énergie n'est pas captée par une résistance. Il n'y a aucun appareil électrique pour utiliser cette énergie. Le courant poursuit ensuite son chemin vers la source. Il y a là un problème!

C'est que cette source continue à fournir du courant, donc de l'énergie. Et celle-ci n'est pas utilisée! L'accumulation d'énergie provoque alors ce qu'on appelle un COURT-CIRCUIT. Il t'est peut-être déjà arrivé de vivre cette mauvaise expérience soit à l'atelier, soit à la maison. On doit à ce moment remplacer un fusible. Cet élément est présent dans un circuit pour contrôler la quantité de courant. Car tu dois comprendre que les fils électriques ne peuvent permettre une telle accumulation d'énergie. Le fusible empêche le fil de se détériorer.

Tous les circuits électriques comportent de tels systèmes de sécurité. Par exemple, toutes les prises de courant en place chez toi sont connectées à un fusible. Tu dois être très prudent en réparant de telles prises.

Si par malheur les deux fils se touchent, un surplus de courant se produit automatiquement. Le fusible "saute" et provoque l'arrêt du courant. C'est le même phénomène que celui illustré à la figure 5. Les deux bornes d'un appareil ou d'une résistance ne doivent pas être réunies.

Tu peux observer un tel phénomène lorsque tu soudes à l'atelier. L'arc électrique se comporte comme une résistance. Tu ne dois donc pas rejoindre les deux bornes disposées de chaque côté de cet arc. Nous parlons de l'électrode et de la pièce. Si tu abaisses ton électrode sur la pièce, tu produis un <u>court-circuit</u>.

Tu vois qu'il est important pour toi de comprendre la notion de résistance. En fait, tu travailles continuellement avec une résistance lorsque tu utilises un appareil électrique quel qu'il soit. Avant de passer à un autre module, terminons ici avec quelques questions de récapitulation.

- *Tout ce qui fonctionne à l'électricité peut être appelé* _____
  _____

- *Les charges électriques sont-elles plus faibles à l'entrée ou à la sortie d'un appareil électrique?* _____
  _____

- *Quelle est la formule mathématique reliant la résistance au voltage et à l'ampérage?* _____
  _____

- *Dans quelles circonstances un court-circuit se produit-il dans un circuit électrique?* _____
  _____

THÈME 2 - LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

MODULE DE PROLONGEMENT 1
LA COMBINAISON DE RÉSISTANCES

Qu'est-ce qu'une résistance?

Nous t'avons présenté dans le deuxième module d'acquisition ce qu'est une résistance. C'est un élément faisant partie de tout circuit électrique qui s'oppose à la circulation du courant. Cette opposition sert alors à transférer une quantité d'énergie à l'extérieur du circuit. Une utilité peut être produite grâce à cette énergie. Par exemple, l'arc électrique agit comme une résistance. La quantité d'énergie empruntée dans ce cas sert à créer la chaleur nécessaire pour la fusion de ta pièce.

Tous les appareils électriques utilisés à la maison ou à l'atelier agissent comme des résistances. Cependant, ils peuvent être très nombreux à fonctionner en même temps. Imagine par exemple ce qui se produit à ton atelier. Plusieurs postes de soudage sont en activité au même moment. Comment le courant desservi par l'entrée électrique se comporte-t-il dans une telle situation? Pour comprendre ce phénomène, rappelle-toi la comparaison du module précédent.

> Une résistance dans un circuit électrique peut être comparée à un étranglement dans une conduite d'eau.

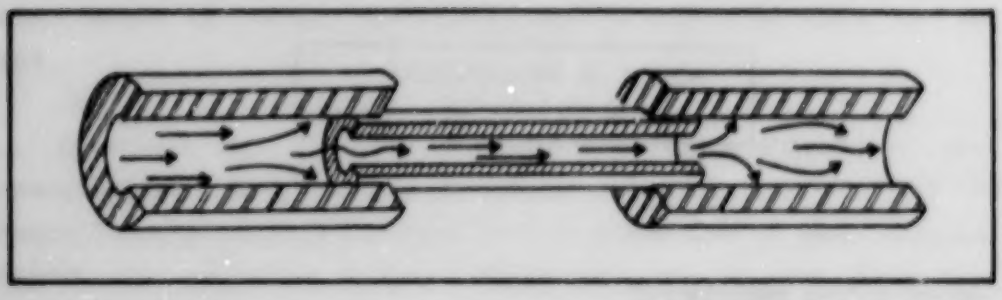


Fig. 1 Étranglement dans une conduite d'eau.

Plusieurs résistances à la fois!

Que se produirait-il si l'on ajoutait un autre étranglement dans cette conduite d'eau? Est-ce que cela pourrait te permettre de comprendre la conséquence engendrée par l'addition d'une deuxième résistance dans un circuit électrique? Voyons si cela est possible.

Examinons dans un premier temps la conduite d'eau avec un étranglement. Nous te présentons à la droite de ce schéma une comparaison avec le circuit électrique.

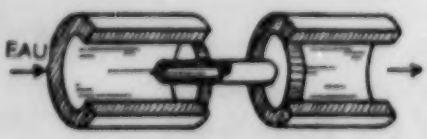
CIRCUIT D'EAU	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
UN ÉTRANGLEMENT	UNE RÉSISTANCE
	
l'eau a seulement un chemin par lequel elle peut passer	l'électricité a seulement un chemin par lequel elle peut passer

Fig. 2 Comparaison "un étranglement - une résistance".

Cette situation a déjà été étudiée dans le module précédent. Nous venons de te la rappeler pour que tu comprennes mieux ce qui suit.

Examinons dans un deuxième temps la conduite d'eau avec deux étranglements. Ceci pourra te permettre de visualiser ce qui se produit lorsque deux résistances sont en place dans un même circuit. Imagine par exemple ces deux résistances comme pouvant être deux postes de soudage alimentés par la même entrée électrique.

CIRCUIT D'EAU	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
DEUX ÉTRANGLEMENTS	DEUX RÉSISTANCES
	(SYMBOLE)
l'eau a maintenant deux chemins par lesquels elle peut passer	l'électricité a maintenant deux chemins par lesquels elle peut passer

Fig. 3 Comparaison "deux étranglements - deux résistances".

Les conclusions à retenir

Qu'est-ce que le schéma de la figure 3 (partie gauche) te permet de conclure? Tu vois que deux chemins sont maintenant disponibles pour la circulation de l'eau. Essaie de répondre à cette question avant de tourner la page.

Un circuit d'eau présentant deux étranglements au lieu d'un seul laisse passer une plus grande quantité d'eau.

Dis-toi qu'une conclusion semblable peut être émise pour ce qui est du circuit électrique.

Un circuit électrique présentant deux résistances au lieu d'une seule laisse passer un plus grand ampérage.

D'après cette conclusion, que peut-on dire de la <u>résistance globale</u> d'un tel circuit électrique? Etant donné qu'une plus grande quantité de courant peut circuler dans ce circuit, le cheminement en est facilité.

Un agencement de résistances * dans un circuit électrique provoque une RÉSISTANCE TOTALE PLUS FAIBLE.

* Lorsque celles-ci sont branchées en parallèle.

C'est pourquoi un ampérage plus élevé circule dans les fils électirques menant à plusieurs appareils branchés sur la même prise. La résistance totale est plus faible. N'oublie pas que nous parlons ici du fil électrique principal. Au niveau des appareils électriques, les quantités de courant se divisent et alimentent chacun de ces appareils.

En résumé, qu'est-ce qui permet l'alimentation de plusieurs appareils électriques en même temps? La réponse est une plus grande quantité de courant pour compenser une valeur de résistance totale plus faible. Fais donc bien attention de ne pas confondre ces deux énoncés.

Un accident fréquent!

Faire fonctionner plusieurs appareils électriques sur un même circuit peut parfois causer des accidents. En effet, il t'est peut-être déjà arrivé de voir un fusible "sauter" à cause d'une surcharge d'appareils sur une même prise.

Nous t'avons parlé de cet élément qu'est le fusible dans le module précédent. C'est un système de sécurité qui contrôle l'ampérage circulant dans les fils électriques.

> Un fusible est un élément qui brûle si l'ampérage du courant qui le parcourt est trop élevé.

Tu sais déjà que les appareils électriques agissent comme des résistances. Tu devrais également avoir compris qu'un ensemble de résistances disposées dans un même circuit permet le passage d'une plus grande quantité de courant dans les fils électriques principaux.

C'est à ce moment que le fusible accomplit son travail. Si l'ampérage atteint une valeur trop élevée, cela peut être dangereux! Les fils peuvent alors se détériorer et même fondre. Le fusible prévient cela en se détériorant lui-même. Le courant électrique est ainsi coupé et on doit remplacer le fusible. Il existe également un mécanisme appelé disjoncteur qui joue le même rôle sauf qu'il n'a pas à être remplacé. C'est un genre d'interrupteur qui coupe automatiquement le courant si l'ampérage devient trop élevé. Le circuit peut être rétabli après avoir résolu le problème de la surcharge. Ce mécanisme est de plus en plus populaire aujourd'hui non seulement dans les entreprises mais également dans les maisons privées.

Tu vois que la compréhension de la combinaison de résistances peut t'aider à mieux saisir ce qui se produit dans un circuit électrique. C'était le but de ce module. Nous terminons ici avec quelques questions-synthèses.

Une résistance dans un circuit électrique peut être comparée à un _____ *dans une conduite d'eau.*

Un agencement de plusieurs résistances dans un même circuit électrique offre une nouvelle résistance totale. Est-elle plus élevée ou plus faible? _____

Plusieurs résistances dans un même circuit permettent-elles un ampérage plus élevé ou plus faible? _____

THÈME 2 - LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

MODULE DE PROLONGEMENT 2
LES APPAREILS DE MESURE

Les quatre notions d'électricité du soudeur

Tu as eu l'occasion d'apprendre plusieurs notions d'électricité jusqu'à maintenant. Le thème 1 t'a d'abord permis de mieux comprendre ce qu'est le voltage et l'ampérage. Puis ce thème-ci t'a fait visualiser ce que signifie la puissance et la résistance.

Tu sais maintenant que le VOLTAGE et L'AMPÉRAGE sont deux caractéristiques du courant électrique que tu utilises chaque jour. Un ajustement de ces deux valeurs sur un poste de soudage permet la modification de la force du courant ou de la quantité de courant.

VOLTAGE → FORCE DU COURANT
AMPÉRAGE → QUANTITÉ DE COURANT

Tu sais également que la PUISSANCE et la RÉSISTANCE sont deux caractéristiques de n'importe quel appareil électrique que tu utilises soit à la maison soit à l'atelier. Ces deux valeurs tiennent compte du rendement de l'appareil. En d'autres mots, la résistance offerte par l'appareil permet la circulation d'une quantité de courant plus ou moins grande (AMPÉRAGE). Cette valeur d'ampérage entraîne finalement une puissance propre à chaque appareil électrique.

RÉSISTANCE FAIBLE	--→	AMPÉRAGE ÉLEVÉ	--→	PUISSANCE ÉLEVÉE
RÉSISTANCE FORTE	--→	AMPÉRAGE FAIBLE	--→	PUISSANCE FAIBLE

C'est en ayant une bonne compréhension de ces quatre notions que tu pourras mieux travailler sur les différents appareils électriques présents à la maison ou à l'atelier. Tu pourras même tenter certaines réparations tout en respectant les mesures de sécurité. Entre autres, n'oublie jamais de "couper le courant" avant de démonter un appareil quelconque. Certains de ces appareils permettent des valeurs de voltage, d'ampérage ou de puissance très élevées ce qui peut causer des accidents si tu n'es pas assez prudent.

Des valeurs numériques!

Nous t'avons parlé depuis le début de ce module des valeurs plus ou moins élevées rattachées au voltage, à l'ampérage, à la puissance et la résistance. Toutes ces valeurs peuvent être exprimées de façon numérique. La connaissance de ces valeurs numériques est importante puisqu'elle oriente tous ceux qui travaillent sur un circuit électrique. Tu fais partie de ces gens!

Par exemple, une valeur de puissance d'arc est nécessaire pour effectuer telle soudure. Tu auras donc à ajuster cette valeur en conséquence. Les valeurs d'ampérage sont également des valeurs ajustables qui dépendent du niveau de fusion à obtenir lors du soudage. Tu peux faire ces ajustements en manipulant les boutons de contrôle disposés sur ton poste de soudage.

Les appareils de mesure

Il existe des appareils nommés APPAREILS DE MESURE destinés à mesurer numériquement les valeurs associées au voltage, à l'ampérage, à la puissance et à la résistance. Ces appareils sont disponibles de façon individuelle et peuvent être branchés sur tout circuit électrique. Ils peuvent même être déjà intégrés dans un autre appareil électrique comme c'est le cas de ton poste de soudage. Nous te présentons ces appareils dans les pages qui suivent.

1- MESURE DU VOLTAGE

LE VOLTMÈTRE est un instrument qui mesure le voltage du courant électrique. Rappelle-toi que le voltage est la force avec laquelle le courant est poussé.

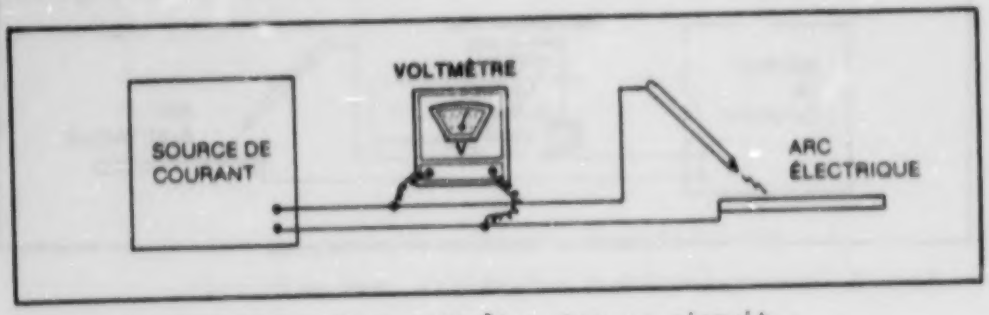


Fig. 1 Branchement d'un voltmètre dans un circuit.

notion:	voltage
symbole:	V
unité de mesure:	volts
symbole:	V

Il est important de bien brancher le voltmètre dans un circuit. Remarque que les bornes doivent être disposées de chaque côté de l'appareil électrique. Par exemple, la figure 1 t'indique une connexion de chaque côté de l'arc électrique. On appelle ce genre de connexion un BRANCHEMENT EN PARALLÈLE.

2- MESURE DE L'AMPÉRAGE

L'AMPÈREMÈTRE est un instrument qui mesure l'ampérage du courant électrique. L'ampérage, comme nous l'avons déjà vu, est la quantité de courant électrique par unité de temps.

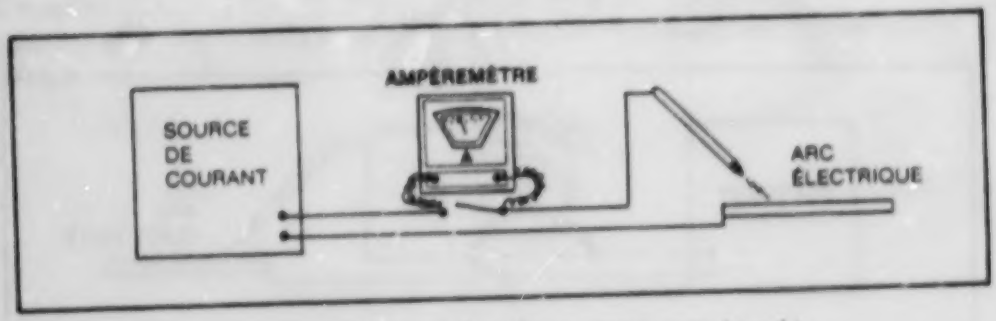


Fig. 2 Branchement d'un ampèremètre dans un circuit.

notion:	ampérage
symbole:	I
unité de mesure:	ampères
symbole:	A

Encore une fois, il est important de brancher l'ampèremètre de façon adéquate. Le circuit est alors ouvert comme l'indique la figure 2. Ceci permet au courant d'entrer par une borne et de sortir par l'autre. La quantité de courant peut ainsi être mesurée. On appelle ce genre de connexion un BRANCHEMENT EN SERIE.

3- MESURE DE LA PUISSANCE

LE WATTMÈTRE est un instrument qui mesure la puissance (ou le wattage) du courant électrique. Cet appareil n'est pas toujours présent car, en fait, il n'est pas essentiel. En effet, la valeur de la puissance est égale à la valeur du voltage multipliée par la valeur de l'ampérage. Nous avons vu cela dans le module d'acquisition 1. Cette égalité est exprimée dans la relation mathématique suivante.

$$P = V \times I$$

puissance = voltage x ampérage
(watts) (volts) (ampères)

On pourra donc déterminer la puissance à l'aide de deux autres appareils soit le voltmètre et l'ampèremètre. Prenons un exemple concret, celui de ton poste de soudage. Sur la plupart des modèles, les valeurs de voltage et d'ampérage te sont indiquées sur les cadrans de contrôle. Cela signifie que les deux appareils de mesure correspondants sont intégrés dans le poste. La connaissance de ces deux valeurs te permet ensuite de calculer la puissance développée par ton arc de soudage.

Rappel (module d'acquisition 1)
La multiplication des deux valeurs indiquées sur le voltmètre et l'ampèremètre permet d'obtenir la puissance en jeu.

Par exemple, si tu as un voltage de 20 volts et un ampérage de 100 ampères, tu as donc une puissance de 20 x 100 = 2000 watts dans ton circuit de soudage. On écrit souvent 2 kilowatts au lieu de 2000 W car le préfixe kilo signifie "multiplié par 1000".

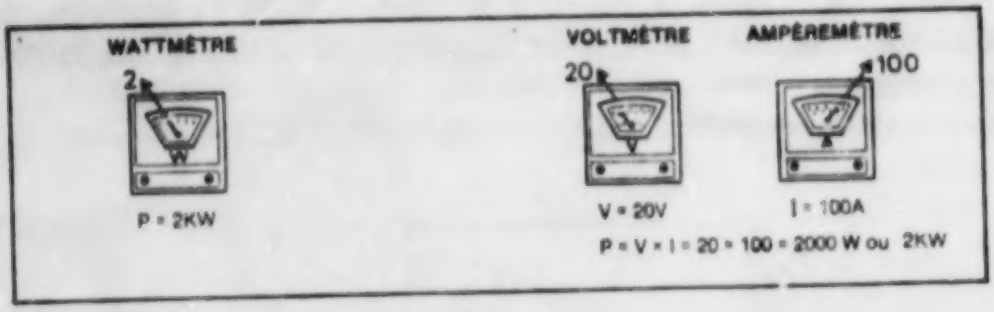


Fig. 3 Calcul de la puissance à l'aide du voltage et de l'ampérage.

notion:	puissance
symbole:	p
unité de mesure:	watts
symbole:	W

4- MESURE DE LA RÉSISTANCE

L'OHMMÈTRE est un instrument qui mesure la résistance imposée par un appareil électrique. Tout ce qui fonctionne à l'électricité présente en fait une certaine résistance électrique. Cette dernière est mesurée de façon indépendante du circuit. Un ohmmètre fournit un courant fixe et mesure la valeur résistive en ohms.

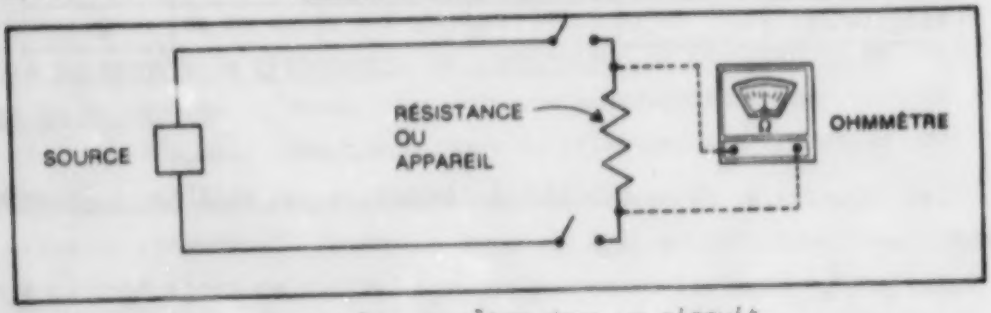


Fig. 4 Branchement d'un ohmmètre dans un circuit.

notion:	résistance
symbole:	R
unité de mesure:	ohms
symbole:	Ω (oméga)

En résumé, il existe quatre appareils de mesure pouvant être intégrés dans un circuit électrique. A l'atelier, la source de courant alimentant ton circuit de soudage est souvent munie d'un voltmètre et d'un ampèremètre. Des instructions différentes te seront données selon les types de soudures et les genres de matériaux en cause. Tu devras ajuster ton poste de soudage en conséquence.

Pour récapituler ce que tu viens de voir au sujet des appareils de mesure, essaie de remplir le tableau suivant.

NOTION	SYMBOLE	APPAREIL	EXEMPLE	UNITE	SYMBOLE
VOLTAGE			10		
AMPÉRAGE			5		
PUISSANCE					
RÉSISTANCE					

Les appareils de mesure peuvent être intégrés dans un appareil électrique. Nous t'avons déjà souligné ce point. Cependant, il existe également un appareil de mesure pouvant effectuer trois fonctions. On l'appelle le MULTIMÈTRE. Il peut être très utile à l'atelier comme à la maison. Ces trois fonctions sont la mesure du voltage, de l'ampérage et de la résistance. Trois appareils de mesure sont donc intégrés dans un seul. De nombreux bricoleurs ont cet appareil à portée de la main. Si tu veux réparer ou bricoler des objets ou des circuits fonctionnant à l'électricité, nous te conseillons l'achat d'un multimètre.

THÈME 2 - LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

MODULE DE SYNTHÈSE

Dans le but d'établir une synthèse du thème 2, nous te proposons une récapitulation par parties. Chacune des parties touche les grandes lignes de ce qui a été vu dans les quatre derniers modules soit la puissance, la résistance, la combinaison de résistances et les appareils de mesure. Toutes ces notions se rapportent au circuit électrique. N'oublie pas que, lorsque tu effectues une opération de soudage, tu travailles sur un circuit électrique.

Première partie - Le circuit élémentaire

Tout circuit électrique, quel qu'il soit, comporte trois éléments essentiels. Il y a tout d'abord la SOURCE qui fournit l'énergie transportée par le courant électrique. Il y a ensuite le MILIEU CONDUCTEUR qui sert de voie de circulation au courant. Puis vient finalement la RÉSISTANCE qui consomme l'énergie électrique. On peut d'ailleurs schématiser tous les circuits électriques selon la figure 3 du module d'introduction. On appelle ce schéma un CIRCUIT ÉLÉMENTAIRE.

Peux-tu nous dire quels sont les trois éléments représentés dans un schéma comme celui de la figure pour ce qui est de ton circuit de soudage? _____

_____

Deuxième partie - La puissance

Tous les appareils électriques offrent des rendements différents. Tu connais, par exemple, la puissance des appareils ménagers disponibles chez toi. Si ce n'est pas le cas, examine les étiquettes apposées à l'endos de quelques appareils et note les valeurs de puissance.

bouilloire électrique: _____
grille-pain: _____
séchoir à cheveux: _____

La puissance de ces appareils dépend de deux choses. On découvre qu'elle est en relation étroite avec le voltage et l'ampérage du courant qui les alimente.

> La puissance d'un appareil électrique dépend de la force du courant (VOLTAGE) et de la quantité de courant par seconde (AMPÉRAGE) qui alimente cet appareil.

Cette relation importante peut s'écrire sous la forme d'une égalité mathématique. La valeur de la puissance est toujours égale à la valeur du voltage multipliée par la valeur de l'ampérage.

$$P = VI$$

Tu peux utiliser cette formule pour calculer une donnée qui te manque dans une opération que tu effectues. Par exemple, ton arc de soudage est contrôlé par les valeurs de voltage et d'ampérage. Tu peux alors calculer la puissance de cet arc. Pour ce qui est des appareils électriques conventionnels, on indique seulement les valeurs de puissance et de voltage. Tu peux cette fois calculer l'ampérage du courant alimentant ces appareils.

Troisième partie - La résistance

Tu as vu que des rendements différents peuvent être obtenus des appareils électriques. Les valeurs de puissance que tu as notées précédemment sont variées. C'est en étudiant la notion de résistance que tu peux comprendre pourquoi ces variations se présentent.

En fait, tout ce qui consomme de l'électricité agit comme une résistance. C'est en résistant à la circulation du courant qu'un appareil électrique emprunte de l'énergie. Il emploie ensuite cette énergie pour créer l'effet désiré.

> Tout ce qui fonctionne à l'électricité peut être surnommé une RÉSISTANCE.

La résistance imposée par un appareil quelconque a une influence importante sur la puissance pouvant être développée par cet appareil. C'est que l'ampérage pouvant se rendre à lui est réglé par la valeur de résistance en jeu.

> LA RÉSISTANCE A UN EFFET SUR L'AMPÉRAGE
> L'AMPÉRAGE A UN EFFET SUR LA PUISSANCE

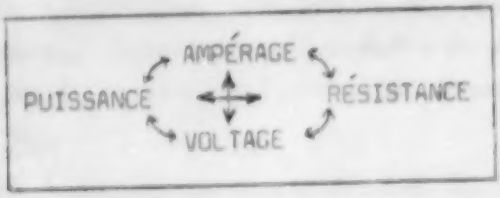
L'exemple de l'ampoule électrique devrait t'avoir permis de bien comprendre cela (voir module d'acquisition 2). Nous t'avons alors expliqué qu'une ampoule de 100 watts offre une résistance plus faible qu'une ampoule de 25 watts.

Cette résistance plus faible permet la circulation d'un ampérage plus élevé. Finalement, le résultat entraîné est la possibilité d'une puissance plus élevée. Dans le cas d'une ampoule, une puissance plus élevée signifie un éclairage plus fort.

La résistance imposée par tous les appareils électriques peut prendre différentes valeurs comme nous venons de le voir. Ces valeurs peuvent être calculées à l'aide d'une formule mathématique qui relie la résistance au voltage et à l'ampérage.

$$V = RI$$

Des deux relations mathématiques présentées dans ce thème, on peut conclure une chose. C'est que les notions de voltage, d'ampérage, de puissance et de résistance sont étroitement liées dans un circuit électrique.



Quatrième partie - La combinaison de résistances

Le thème 2 t'a permis de bien voir la relation existant entre les caractéristiques du courant (le voltage et l'ampérage) et les caractéristiques de l'appareil (la puissance et la résistance). Tout cela t'aidera à mieux comprendre le fonctionnement de ce que avec quoi tu travailles à chaque jour. Cependant, chacun de nos exemples décrits dans ce thème n'était valable que pour un appareil unique disposé dans un circuit unique. Tu es parfaitement conscient qu'une installation électrique est beaucoup plus complexe. Par exemple, pour ce qui est de ton atelier de soudage, tu sais que de nombreux appareils et systèmes sont en marche de façon simultanée. La figure 1 du module d'introduction schématisait cela. Tu peux l'examiner à nouveau.

On branche les appareils sur un même circuit de telle façon qu'un ampérage plus élevé circule dans ce circuit. C'est ce qui permet l'alimentation de tant d'appareils en même temps.

Nous t'avons déjà dit qu'un appareil se comporte comme une résistance. Plusieurs pourront penser que des appareils branchés sur un même circuit vont provoquer une résistance plus grande. C'est le contraire qui se produit! Le branchement en parallèle permet d'avoir comme résultat une résistance globale plus faible. C'est ce qui amène la circulation d'un ampérage plus élevé.

> Un ensemble d'appareils branchés sur un même circuit entraîne une résistance globale plus faible.
>
> C'est ce qui permet à un ampérage plus élevé de circuler dans les fils et d'alimenter tous les appareils.

Il faut que tu notes ici que cette opération a des limites. Tu ne peux ajouter des appareils sur un même circuit indéfiniment. C'est que l'ampérage permis augmente continuellement et les fils électriques ont tous leur limite d'ampérage. Voilà pourquoi il peut arriver qu'un fusible "brûle". Ce fusible est un système de sécurité qui contrôle l'ampérage en circulation dans les fils électriques. Il empêche ceux-ci de se détériorer en cas d'abus.

Cinquième partie - Les appareils de mesure

Le dernier module du thème 2 a servi à te présenter les quatre appareils de mesure nécessaires pour déterminer les valeurs numériques des caractéristiques d'un courant ou d'un appareil électrique. Le tableau suivant résume ce module.

APPAREIL	NOTION	SYMBOLE	UNITE	SYMBOLE	BRANCHEMENT
VOLTMÈTRE	VOLTAGE	V	VOLTS	V	PARALLÈLE
AMPÈREMÈTRE	AMPÉRAGE	I	AMPÈRES	A	SÉRIE
WATTMÈTRE	PUISSANCE	P	WATTS	W	
OHMMÈTRE	RÉSISTANCE	R	OHMS	Ω	

Sixième partie - La facture d'électricité

Nous voulons terminer le thème 2 avec la réponse à un problème qui t'a été posé dans le module d'introduction. Le problème était le suivant: un appareil électrique fonctionnant sur le 220 volts plutôt que sur le 110 volts entraîne-t-il une économie dans la consommation d'électricité?

Imaginons avoir la possibilité d'examiner une facture d'électricité. Si tu le veux, vérifie chez toi auprès de tes parents. La quantité d'énergie dépensée est inscrite en kilowatts - heure et le montant facturé est basé sur cette dépense. Qu'est-ce que cela signifie? C'est que la dépense d'électricité dépend de la puissance développée (watts) et non du voltage (volts) ou de l'ampérage (ampères) qui caractérisent le courant.

Par exemple, une chaufferette de 2000 watts fonctionnant sur le 110 volts entraînera les mêmes coûts qu'une chaufferette de 2000 watts fonctionnant sur le 220 volts. Ces deux chaufferettes développent la même puissance. Une confusion pouvait venir à ton esprit au début de ce thème, voilà pourquoi nous avons soulevé cette question. C'est que le voltage plus élevé dans un appareil électrique entraîne un ampérage plus faible.

La confusion vient de la fausse croyance qui dit "ampérage plus faible --➤ quantité de courant plus faible --➤ consommation plus faible --➤ facturation diminuée".

> La consommation d'énergie électrique facturée ne dépend pas du voltage ou de l'ampérage qui caractérisent le courant. Elle est basée uniquement sur la puissance développée par un appareil électrique.

Tu remarqueras d'ailleurs que l'étiquette apposée sur un appareil indique toujours la valeur de puissance. Ce n'est pas toujours le cas pour la valeur d'ampérage. Ce sera donc cette valeur de puissance uniquement qui devra te guider dans la planification de tes dépenses d'électricité.

Le thème 2 se termine sur cette note. Tu as pu remarquer que deux notions importantes sont venues s'ajouter aux deux notions principales du thème 1. Le voltage et l'ampérage sont deux caractéristiques du courant électrique que tu ajustes régulièrement lorsque tu soudes. La puissance et la résistance sont deux caractéristiques de ton arc de soudage qui varient constamment selon ces mêmes ajustements. C'est une meilleure compréhension de ces quatre notions qui te fera plus apprécier ton métier. Car n'est-on pas plus habile dans ce que l'on comprend bien?

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT

FICHE D'INFORMATION

Problèmes abordés

Tu devrais à ce point-ci de ton cheminement comprendre un peu mieux ce qui concerne le circuit électrique dans lequel tu travailles chaque fois que tu soudes à l'arc. De façon à développer encore plus ton apprentissage, tu auras l'occasion, dans ce troisième thème, d'aborder une partie bien précise du circuit de soudage, soit les sources de courant. Tu pourras alors répondre à diverses questions comme les deux suivantes.

> Tu as souvent entendu dire qu'il est plus avantageux de souder dans des conditions "faible voltage - ampérage élevé" que "haut voltage - faible ampérage". Pourquoi cela? De plus, comment peux-tu obtenir un voltage de 25 volts pour souder alors que tu sais très bien que ta source est reliée à une entrée électrique de 550 volts?
>
> Il t'arrive parfois de souder avec du courant continu; tu obtiens pourtant ce type de courant d'une source reliée au réseau de la compagnie d'électricité qui ne fournit que du courant alternatif! Comment cela peut-il se produire?

Objectifs visés

OBJECTIF GENERAL
Identifier et comprendre deux mécanismes qui provoquent certaines modifications des caractéristiques d'un courant électrique.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES
- Nommer les deux principales sources de courant disponibles à la maison. - Nommer les trois principales sources de courant disponibles à l'atelier de soudage. - Définir le principe de transformation du courant ainsi que les conséquences entraînées par ce phénomène. - Identifier les composantes d'un transformateur. - Appliquer la formule de la loi des transformateurs sur des problèmes simples. - Reconnaître l'utilité d'un transformateur en place dans le réseau d'électricité extérieur. - Définir le principe de rectification du courant ainsi que les conséquences entraînées par ce phénomène. - Identifier les composantes d'un redresseur, nommer leurs principales caractéristiques et indiquer leur disposition dans un tel mécanisme. - Indiquer quels postes de soudage comprennent les mécanismes étudiés.

Démarche proposée

Prends note que les deux modules d'acquisition expliquent des phénomènes bien précis tandis que les deux modules de prolongement décrivent les mécanismes dans lesquels se déroulent ces phénomènes. Il serait bon pour toi d'aller jeter un coup d'oeil sur les sources de courant en place dans ton atelier de soudage. Observe les bornes de connexion, les boutons de contrôle et les cadrans ainsi que les types de courant disponibles selon les machines observées.

Contenu du thème

Module d'introduction 111
Module d'acquisition 1: la transformation du courant . . . 117
Module de prolongement 1: le transformateur 125
Module d'acquisition 2: la rectification du courant 133
Module de prolongement 2: le redresseur 141
Module de synthèse 149

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT

MODULE D'INTRODUCTION

La source: élément du circuit électrique

Lorsque tu utilises un appareil électrique, que ce soit à l'atelier ou à la maison, tu travailles sur un CIRCUIT ELECTRIQUE. Un courant circule dans des fils et vient alimenter l'appareil en question. Nous avons discuté de ce qui se produit dans ces fils et au niveau de l'appareil lors des deux premiers thèmes. Cependant, il demeure un sujet qui n'a pas encore été détaillé. C'est celui qui explique d'où provient le courant électrique. Nous parlons bien entendu de la source de courant. Cette source est présente dans tout circuit. C'est elle qui fournit le courant aux appareils électriques. Sans elle, le circuit n'est pas complet. Pour vérifier cela, souviens-toi de la définition d'un circuit élémentaire. Cette définition t'a été présentée dans le premier module du thème 2.

Deux types de courant

Tu utilises constamment des sources de courant pour faire fonctionner divers appareils électriques. Que ce soit à la maison ou à l'atelier, ces sources sont classées selon plusieurs catégories. Mais combien y en a-t-il? Pour répondre à cette question, tu dois d'abord te rappeler les types de courant disponibles. Nous avons vu cela au thème 1.

Le courant alternatif

Toutes les PRISES murales d'électricité présentes à la maison ou à l'atelier fournissent un type particulier de courant. C'est le COURANT ALTERNATIF. Tu sais d'où provient ce courant? En fait, il nous arrive de la ligne électrique faisant partie du réseau de la compagnie d'électricité. Mais si l'on veut remonter encore plus loin, on découvre que c'est un barrage hydro-électrique qui alimente ce réseau d'électricité.

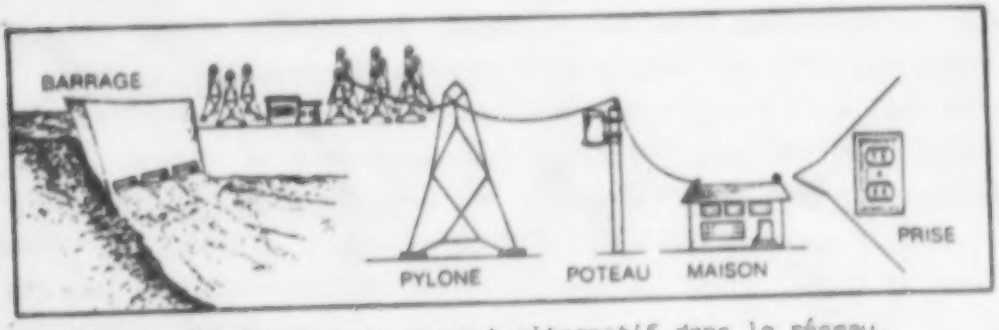


Fig. 1 Cheminement du courant alternatif dans le réseau.

Les appareils qui nécessitent du courant alternatif portent sur eux l'inscription "CA". Si tu le veux, tu peux examiner l'étiquette de certains appareils à la maison ou à l'atelier. En plus des valeurs de puissance et de voltage, tu y verras les deux lettres "CA". Cependant, il peut arriver que la notation "CC" soit inscrite sur quelques appareils. C'est le cas des appareils de radios portatifs qui peuvent fonctionner soit avec un cordon d'alimentation (CA) soit avec des piles (CC).

Le courant continu

Le COURANT CONTINU est le deuxième type de courant pouvant alimenter des appareils électriques. L'abréviation "CC" indique que ce type de courant peut être utilisé comme c'est le cas de la radio dont nous venons de te parler. De plus, tu as sûrement déjà utilisé une lampe de poche. Elle fonctionne à l'aide de PILES. Ces piles, à condition d'être placées dans le bon sens, fournissent un courant électrique dans le circuit.

Les piles ont un avantage évident. C'est que l'appareil électrique n'a pas à être lié à une prise avec un cordon d'alimentation. Ceci permet à l'usager une certaine liberté de mouvement. Les piles présentent toutefois un désavantage. Elles se détériorent à l'usage et deviennent inefficaces à moyen terme.

Nous venons de détailler deux types de sources de courant. C'est la prise murale qui fournit du courant alternatif et la pile qui fournit du courant continu. Remarque que ces deux sources peuvent remplir la même fonction. Tu utilises la première fréquemment lorsque, par exemple, tu allumes les lumières de la maison ou écoutes la musique de ton système de son. Tu peux parfois utiliser la deuxième source lorsque, par exemple, tu éclaires un sentier avec une lampe de poche ou écoutes la musique de ton radio portatif à l'extérieur de la maison. Dans les deux cas, tu as obtenu de la lumière et du son.

PRISE MURALE: SOURCE DE COURANT ALTERNATIF
PILE (ou batterie): SOURCE DE COURANT CONTINU

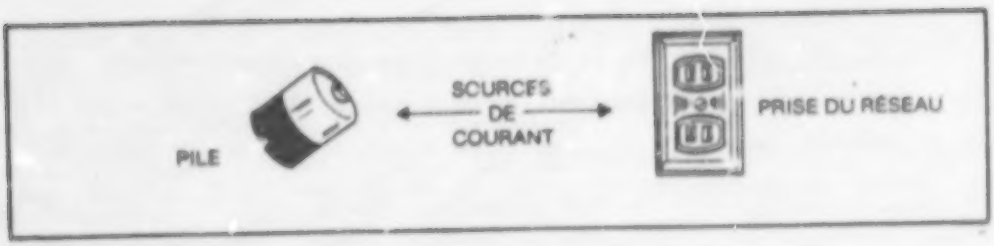


Fig. 2 Sources de courant à la maison

Les sources dans un atelier de soudage

Tu peux également travailler avec deux types de courant lorsque tu effectues une soudure. En effet, les sources disponibles à ton atelier fournissent du courant continu et/ou du courant alternatif.

Ces sources se subdivisent en trois classes et portent des noms qui sont devenus populaires dans le milieu du soudage.

TYPE DE SOURCE	NOM POPULAIRE
SOURCE DE COURANT CA	TRANSFORMATEUR
SOURCE DE COURANT CC	GÉNÉRATRICE
SOURCE DE COURANT CA/CC	REDRESSEUR

Le but de ces appareils (également appelés POSTES DE SOUDAGE) est de fournir au soudeur le courant nécessaire à l'alimentation de l'arc électrique. L'effet créé par l'électricité est une grande quantité de chaleur. C'est ce qui provoque la fusion des pièces de métal.

Tu connais maintenant le nom et le but des trois types de sources de courant mis à ta disposition dans l'atelier. Cependant, leur fonctionnement reste encore mystérieux. Par exemple, tu sais que ton poste de soudage est relié à une entrée électrique de 220 ou 550 volts. Pourtant, tu peux obtenir des voltages d'environ 20 volts avec cet appareil. Il se produit ce qu'on appelle une TRANSFORMATION du courant. Les deux prochains modules te présentent une façon de visualiser ce phénomène. De plus, tu verras l'élément qui permet cette transformation. Il fait partie de toutes les sources de courant. C'est le TRANSFORMATEUR.

Egalement, tu utilises parfois une source de courant CC qui est pourtant reliée à une entrée électrique CA. Tu vois qu'il se produit encore quelque chose de spécial dans cette source. Le courant alternatif (CA) est modifié et devient du courant continu (CC). On appelle cette modification la RECTIFICATION du courant. Les éléments permettant ce phénomène sont les diodes qui, agencées d'une façon particulière, forment un REDRESSEUR. Deux modules se chargeront de te faire visualiser et comprendre les effets de ces éléments sur le courant électrique.

Tu verras donc dans ce troisième thème le fonctionnement de deux mécanismes présents dans les sources de courant que tu utilises à chaque jour à l'atelier de soudage.

NOTES:

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT

MODULE D'ACQUISITION 1
LA TRANSFORMATION DU COURANT

Les caractéristiques d'une source

La source de courant avec laquelle tu travailles possède plusieurs caractéristiques. Tout d'abord, elle peut être alimentée par du courant alternatif relié à une entrée électrique de 220 ou 550 volts. Elle possède ensuite des commandes qui permettent un ajustement du voltage et de l'ampérage. Par exemple, certaines sources offrent des gammes de voltage allant de 10 à 25 volts. L'ampérage peut alors varier de 80 à 300 ampères. Finalement, chacune de ces sources possède un facteur de marche qui indique le temps d'opération maximum.

Une source de courant n'a donc pas comme seul objectif de te fournir le courant électrique. Elle permet également les ajustements nécessaires pour une meilleure opération de soudage. Lors de l'amorçage, le courant électrique passe d'une condition "haut voltage - faible ampérage" à une condition "faible voltage - ampérage élevé". Ceci est non seulement plus sécuritaire mais les caractéristiques de l'arc de soudage sont encore meilleures dans cette deuxième condition. Par la suite, lors du soudage comme tel, l'ampérage est ajusté de façon à améliorer la fusion de certaines pièces.

L'intérieur d'une source

Si certains ajustements du courant électrique sont possibles, c'est donc dire que la source possède des éléments capables de provoquer des changements. Les caractéristiques du courant sont modifiées entre l'entrée et la sortie de cette source. Y aurait-il moyen de visualiser ce qui se produit à l'intérieur de la source pour mieux comprendre cette TRANSFORMATION du courant?

Nous allons tenter de trouver ce moyen ensemble dans les prochaines pages. Rappelons-nous tout d'abord le thème 1 où un circuit dans une tuyauterie d'eau nous avait permis de comprendre ce qu'est le courant alternatif. Le montage t'est présenté à nouveau dans la figure 1.

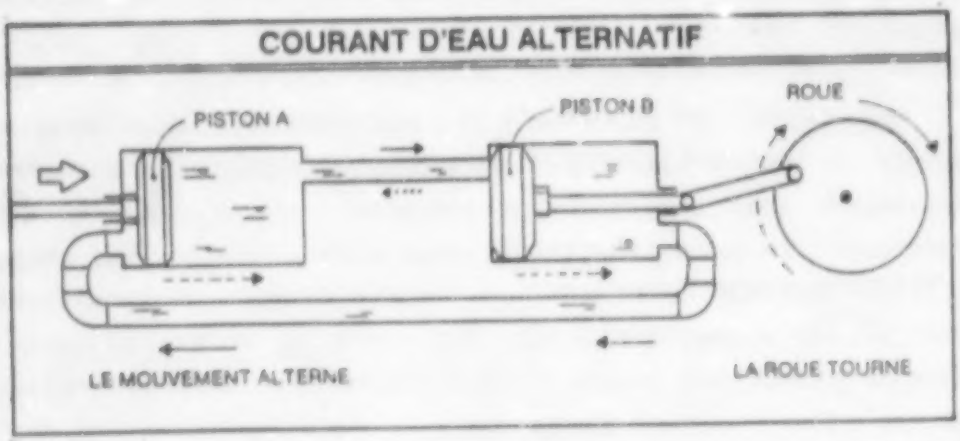


Fig. 1 Courant alternatif dans une tuyauterie d'eau.

Le courant dans un circuit d'eau

Cette comparaison avec un circuit électrique peut nous aider à visualiser bien d'autres phénomènes relatifs à l'électricité. Par exemple, la pression offerte par le piston pousse l'eau à se déplacer avec force. C'est la même chose qui se produit dans un circuit électrique. Le voltage pousse l'électricité à circuler avec force.

LA PRESSION DE L'EAU EST COMPARABLE AU VOLTAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

Avec une source de courant électrique, il est possible pour toi de modifier les valeurs de voltage. Cela signifie que tu changes la force du courant électrique. Comment ferais-tu pour changer la force de notre courant d'eau dans la tuyauterie? Il n'est pas facile de répondre à cette question! Cependant, examine le schéma de la figure 2 et essaie de comprendre les modifications entraînées dans ce montage. Ce schéma te donne un premier élément de réponse.

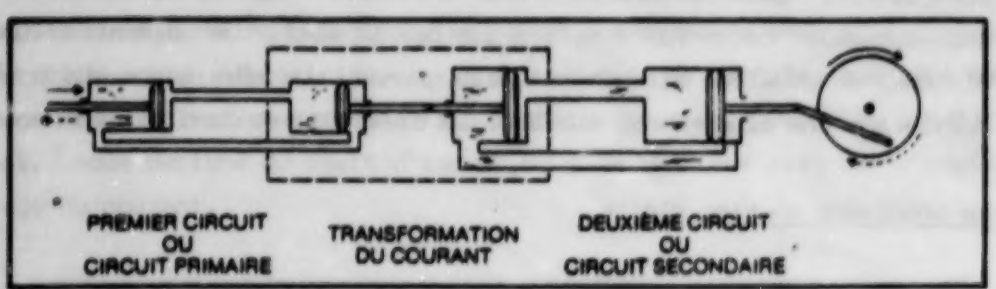


Fig. 2 Modification des caractéristiques du courant.

Remarque tout d'abord que la roue a été reportée plus loin dans le montage et qu'un deuxième circuit a été ajouté. Les dimensions des tuyaux et des cylindres sont plus grandes dans ce deuxième circuit. Enfin, les deux circuits sont réunis ensemble par les tiges de pistons. Tu es d'accord que les pistons effectueront la même course. Cependant, leurs diamètres ne sont pas identiques. Cette différence entraîne une diminution de pression. La pression de l'eau dans le circuit de droite est effectivement plus faible que celle dans le circuit de gauche.

Une diminution de pression?

Est-ce que tu comprends bien le fait qu'il y a diminution de pression dans le deuxième circuit de la figure 2. Si tu n'es pas certain, pense à la définition de la pression.

La PRESSION est la force divisée par la surface

La force transmise d'un circuit à l'autre est bel et bien la même puisque les deux pistons sont liés ensemble. Cependant, la surface sur laquelle cette force agit n'est pas la même. La dimension des pistons du deuxième circuit est plus grande. La même force étant répartie sur une plus grande surface, la pression est donc moins élevée.

Le phénomène en électricité

En résumé, le schéma de la figure 2 fait bien visualiser ce qui se produit lorsque la pression de l'eau est modifiée. Dis-toi que le phénomène est semblable en électricité. La TRANSFORMATION du courant est possible lorsque les commandes de la source sont ajustées en conséquence. Le voltage peut alors être modifié.

CIRCUIT D'EAU	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
Il est possible de modifier la pression d'un courant d'eau dans un circuit en utilisant un mécanisme tel que représenté dans la figure 2.	Il est possible de modifier le voltage d'un courant électrique dans un circuit en utilisant un mécanisme approprié. Ce mécanisme s'appelle un TRANSFORMATEUR.

Le TRANSFORMATEUR est un mécanisme présent dans toutes les sources de courant. C'est lui qui permet l'ajustement du voltage lors de tes opérations de soudage. La transformation qu'il effectue se réalise de la même façon que ce qui se produit dans le montage spécial de la figure 2.

La modification de l'ampérage

Cette même comparaison est-elle valable pour ce qui est de la modification de l'ampérage d'un courant électrique? Car tu sais que ton ajustement de voltage est exécuté dans le but de modifier l'ampérage. Plus précisément, le voltage est diminué et l'ampérage augmenté. Avant de voir cela, rappelons à quoi l'ampérage peut être comparé dans un tuyauterie d'eau. Nous avons détaillé cela au thème 1. Le piston pousse une certaine quantité d'eau dans les tuyaux à chaque seconde. Pareillement en électricité, la source pousse une certaine quantité de courant à circuler dans les fils à chaque seconde. Dans le premier cas, nous parlons du débit d'eau et, dans le deuxième cas, de l'ampérage du courant.

LE DÉBIT DE L'EAU EST COMPARABLE À L'AMPÉRAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

Ensemble, examinons à nouveau la figure 2 qui représente notre montage spécial. Tu remarques que les cylindres et les tuyaux du circuit de droite ont des dimensions plus grandes. Une plus grande quantité d'eau doit y circuler à chaque seconde. Effectivement, les pistons du deuxième circuit balaient une plus grande quantité d'eau dans leur course. C'est leur diamètre plus grand qui permet cette augmentation.

La transformation du courant électrique par un transformateur n'implique donc pas seulement la diminution du voltage mais également l'augmentation de l'ampérage.

CIRCUIT D'EAU	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
Il est possible de modifier le débit d'un courant d'eau dans le circuit en utilisant un mécanisme tel celui représenté à la figure 2.	Il est possible de modifier l'ampérage d'un courant électrique dans le circuit en utilisant un mécanisme approprié. Ce mécanisme s'appelle un TRANSFORMATEUR.

En résumé, la transformation du courant effectuée par un transformateur implique une modification tant au niveau du voltage que de l'ampérage.

Maintenant que tu as pu visualiser d'une certaine façon l'utilité d'un transformateur, il serait bon d'examiner un vrai transformateur électrique. C'est l'objectif du prochain module. Il décrit les composantes techniques de ce transformateur ainsi que leurs fonctions.

Cependant, avant de faire cette nouvelle lecture, réponds aux quelques questions qui résument ce module.

- *En plus de te fournir le courant électrique nécessaire pour souder, la source de courant te permet également une deuxième chose. Laquelle?* _____

- *La transformation du courant implique la modification de deux caractéristiques de ce courant. Lesquelles?* _____

- *Dans un circuit de soudage, ces deux caractéristiques sont modifiées de quelle façon (à la hausse ou à la baisse)?* _____

- *Pour mieux comprendre ce qu'est le <u>voltage</u> et <u>l'ampérage</u> du courant électrique, à quelles caractéristiques d'un courant d'eau dans une tuyauterie est-il possible de les comparer?* _____

NOTES:

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT

MODULE DE PROLONGEMENT 1
LE TRANSFORMATEUR

De quelle façon est structuré le transformateur faisant partie de ta source de courant? Qu'est-ce qui rend la transformation du courant possible? Nous verrons dans les prochaines pages la réponse à ces questions.

Une mise au point

Avant de décrire le mécanisme qu'est le transformateur, il serait important de faire une mise au point qui évitera toute confusion. Dans le milieu du soudage, on appelle communément la source de courant CA un transformateur. Il est bon que tu gardes en mémoire cette expression puisqu'elle est populaire, et dans les écoles, et dans les industries. Cependant, le mot transformateur ne désigne en réalité qu'un mécanisme faisant partie de toutes les sources de courant. C'est lui qui permet l'ajustement du voltage et de l'ampérage. Nous avons vu cela dans les pages précédentes. Pendant la lecture de ce module, souviens-toi toujours de cette mise au point.

Qu'est-ce qu'un transformateur?

Examinons d'abord comment est constitué un transformateur. Nous te le schématisons dans la figure 1.

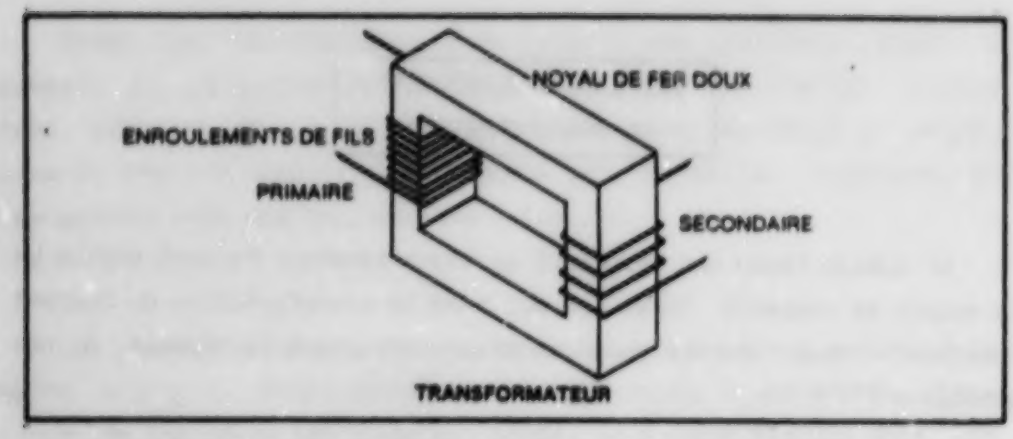


Fig. 1 Constitution d'un transformateur.

Tu remarques un noyau de fer doux sur lequel des enroulements de fil sont disposés de chaque côté. Le premier enroulement situé à gauche du schéma se nomme bobine primaire ou circuit primaire. Le courant conventionnel du réseau d'électricité alimente cette première bobine.

CIRCUIT PRIMAIRE --► COURANT CONVENTIONNEL

Puis un deuxième enroulement de fil est disposé à droite du schéma. On le nomme bobine secondaire ou circuit secondaire. C'est un courant ayant subi une transformation qui devient disponible à ce niveau.

CIRCUIT SECONDAIRE --► COURANT MODIFIÉ

Un phénomène mystérieux dans le noyau

Comme les caractéristiques du courant sont modifiées entre le primaire et le secondaire, c'est donc dire qu'il se produit quelque chose entre les deux enroulements. Le phénomène est relié au magnétisme et trop complexe pour être abordé dans ce module. Cependant, tu peux prendre note des explications suivantes.

Le courant possède certaines caractéristiques à son arrivée à la bobine primaire. Cette dernière peut être reliée à une entrée électrique de 550 volts par exemple. Ainsi, le courant circule dans les fils de l'enroulement primaire avec un voltage de 550 volts. Cependant, ces fils ne sont pas reliés de façon directe à ceux du secondaire. Il se produit alors un effet magnétique dans le noyau de fer. Cela provoque la création d'un courant électrique dans les fils de l'enroulement secondaire. Pourquoi les caractéristiques de ce courant ne sont-elles pas les mêmes que celles présentées au primaire? C'est que les nombres d'enroulements ne sont pas les mêmes. Ceci est très important. Rappelle-toi que c'est la différence dans le nombre d'enroulements qui explique la modification du voltage. Si les deux bobines possédaient le même nombre d'enroulements, il n'y aurait alors aucune transformation. Ce ne serait donc plus un transformateur.

L'importance du nombre d'enroulements

La connaissance du nombre d'enroulements disposés sur chacune des bobines rend possible le calcul de la transformation du voltage. En effet, le principe suivant est toujours vrai pour tous les circuits électriques comportant des transformateurs.

Le rapport des deux valeurs de voltage se retrouvant au primaire et au secondaire est égal au rapport du nombre d'enroulements présent dans chacune des deux bobines.

Cette égalité peut s'exprimer sous la forme d'une relation mathématique qui en facilite la compréhension.

$$\frac{\text{voltage au primaire}}{\text{voltage au secondaire}} = \frac{\text{nombre d'enroulements au primaire}}{\text{nombre d'enroulements au secondaire}}$$

Un exemple!

Un exemple facile pourrait t'aider à comprendre l'utilité de cette relation. Examine la figure 1 de ce module. Tu y remarques un nombre d'enroulements de 8 au primaire et 4 au secondaire. (En réalité, le nombre d'enroulements est beaucoup plus élevé que ne le montre le dessin, par exemple 8000 et 4000 au lieu de 8 et 4). Quel serait le voltage disponible au secondaire si celui présent au primaire était de 220 volts? D'après la relation que nous venons de voir, le rapport des voltages est égal au rapport des nombres d'enroulements. Comme le nombre d'enroulements est réduit de moitié, le voltage est réduit d'un même facteur soit de moitié. Tu es d'accord avec nous que le voltage disponible au secondaire serait dans cet exemple 110 volts.

Un problème:

Maintenant que nous avons fait un exemple ensemble, serais-tu capable de résoudre le problème suivant.

- *Un poste de soudage est alimenté par une entrée électrique de 550 volts (voltage au primaire). À un certain moment, le transformateur intégré dans le poste est ajusté de façon à ce qu'il y ait 2200 enroulements au primaire et 100 enroulements au secondaire. Quel est le voltage du courant avec lequel tu soudes à ce moment (voltage au secondaire)?* _____

_____

_____

Le transformateur: plusieurs applications

Nous venons de te présenter la structure d'un transformateur ainsi que son fonctionnement. Nous avons surtout utilisé ton poste de soudage comme exemple. Cependant, dis-toi bien que les transformateurs sont utilisés dans de nombreuses applications. Par exemple, la plupart des rasoirs électriques possèdent un interrupteur permettant l'usage d'un courant de 110 ou 220 volts. C'est que la plupart des appareils électriques fonctionnent sur le 110 volts au Canada. Il n'en est pas de même en Europe où le 220 volts est le plus souvent utilisé. Cet interrupteur permet donc l'ajustement en conséquence.

Si l'on reçoit un courant électrique de 110 ou 220 volts dans les fils disposés sur le toit de la maison, il n'est est pas de même dans tous les fils électriques extérieurs. Les lignes de haute tension provenant de la compagnie d'électricité permettent la circulation de hauts voltages tels 12000 ou 25000 volts. C'est à ce moment que des transformateurs spéciaux sont utilisés pour réduire les voltages et distribuer l'électricité aux résidences. C'est donc une autre application nécessitant l'usage d'un transformateur.

Les transformateurs du réseau d'électricité

Lorsque tu en auras l'occasion, observe les poteaux d'électricité disposés le long des routes. Tu remarqueras quelque chose qui ressemble à ce qui t'est présenté dans la figure 2.

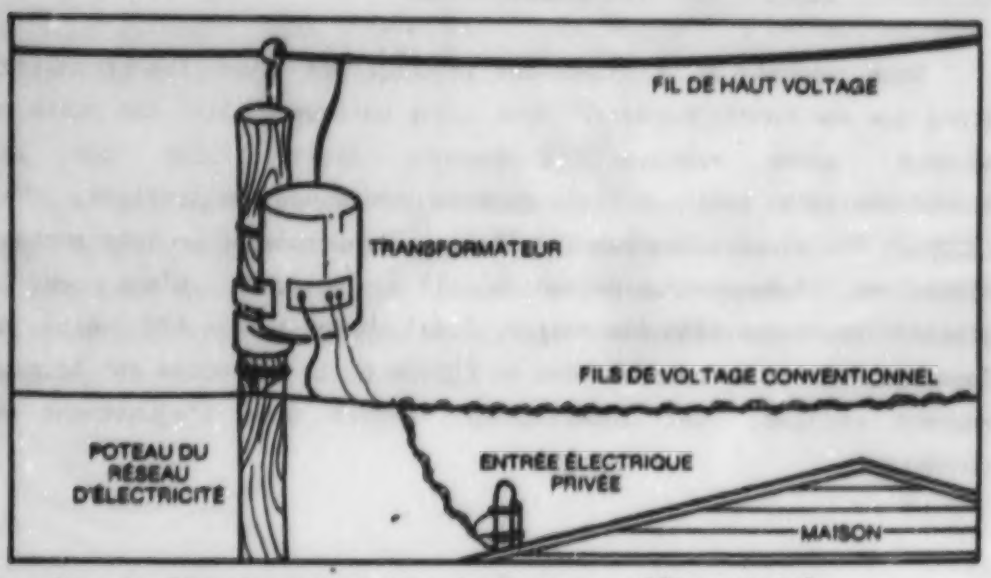


Fig. 2 Transformateur dans les poteaux d'électricité.

Un fil unique est d'abord disposé à une hauteur plus élevée. C'est le câble de haut voltage (ex: 12000 volts). Puis un ensemble de fils roulés les uns sur les autres se retrouve à un niveau un peu plus bas. C'est l'ensemble de fils qui se rend aux résidences. Un premier fil n'est pas enrobé d'isolant. Il constitue la prise de terre ou "ground". Deux autres fils, ceux-là isolés électriquement, sont enroulés autour du premier. Ils s'occupent de transporter le courant de 110 et 220 volts. Ces deux voltages sont fournis de façon conventionnelle aux maisons privées.

Cependant, il s'est produit quelque chose entre le fil principal du poteau (12000 volts) et le groupe de fils secondaires (110 et 220 volts). Si tu poursuis ton observation des poteaux d'électricité, tu vois des éléments cylindriques ressemblant à des barils attachés à quelques-uns de ces poteaux. Ce sont des transformateurs. Ils ont la fonction de modifier les caractéristiques du courant. En d'autres mots, ils agissent comme intermédiaires entre les fils de haut voltage et les fils de voltage conventionnel.

Tu vois que le transformateur peut être utile dans plusieurs applications. Celui-ci peut avoir toute sortes de dimensions et peut se retrouver dans de nombreux appareils électriques. Avant de passer à un autre type de mécanisme, récapitulons ensemble les deux derniers modules.

- *L'utilité du transformateur présent dans ta source de courant est d'apporter une modification à ce courant. Le voltage est _____ et l'ampérage est _____ de façon à faciliter l'opération de soudage.*

- *Un transformateur est constitué d'un _____ et de deux _____. Le premier de ces enroulements se nomme _____ et le second _____.*

- *Quelle est la relation mathématique liant les valeurs de voltage aux nombres d'enroulements présents au primaire et au secondaire?*

  _____

- *Quelle est l'utilité de chacun des quatre fils principaux se retrouvant dans un poteau d'électricité?* _____

  _____

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT

MODULE D'ACQUISITION 2
LA RECTIFICATION DU COURANT

Le soudage en courant continu

Il t'arrive parfois de souder en courant continu. Tu as alors besoin d'une source de courant CC. L'arc en courant continu présente de meilleures caractéristiques, c'est pourquoi le soudage avec ce type de courant est toujours populaire. La qualité du chauffage et la fusion des électrodes sont des facteurs qui favorisent ce choix. Cependant, une question peut venir à ton esprit. Comment peut-on obtenir du courant continu avec une source alimentée en courant alternatif? C'est le cas de ta source puisqu'elle est branchée à l'entrée électrique conventionnelle de 220 ou 550 volts. Et tu sais très bien que seul du courant alternatif est fourni par l'entrée électrique.

Une modification du type de courant

Il existe donc un mécanisme faisant partie des sources de courant continu qui assure une modification du type de courant électrique. Un courant alternatif se présente à l'entrée d'une source pour se retrouver à la sortie sous la forme d'un courant continu. On appelle cette modification la RECTIFICATION du courant électrique.

Il serait possible de te faire visualiser ce phénomène en utilisant encore une fois une comparaison avec l'écoulement de l'eau. Comme, la rectification peut s'opérer sur un courant électrique, essayons d'imaginer une rectification sur un courant d'eau.

Pour cela, nous devons d'abord nous rappeler comment se comporte un courant d'eau lorsqu'il est continu et alternatif. Nous pourrons ensuite tenter de relier les deux courants par un mécanisme quelconque.

Le courant d'eau continu et alternatif

Le thème 1 t'a permis de visualiser la différence entre les deux types de courant. D'abord, un montage comprenant une pompe et une turbine t'a fait voir un courant d'eau continu.

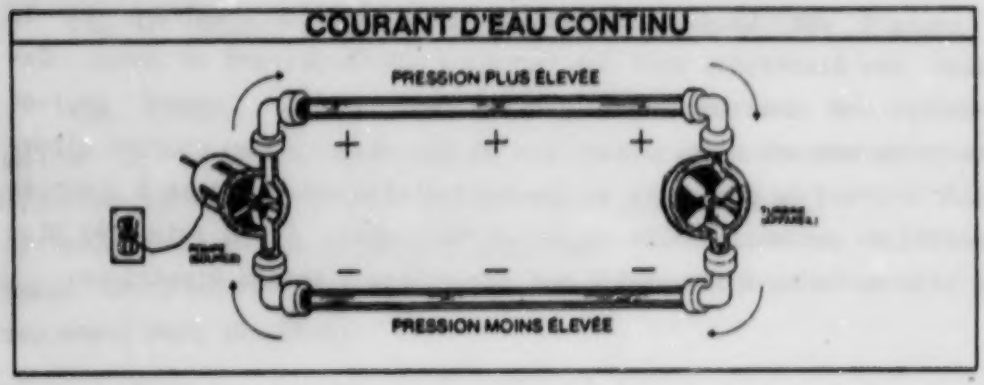


Fig. 1 Courant d'eau continu dans une tuyauterie.

Tu remarques que l'eau circule dans un sens précis tout le long du circuit. Le résultat final apporté par le courant d'eau est la rotation de la turbine. Cette dernière tourne continuellement dans le même sens.

Pour ce qui est du courant alternatif, un montage différent t'a également été présenté dans le thème 1. Le montage en question comprend des pistons qui provoquent une alternance dans le mouvement de l'eau.

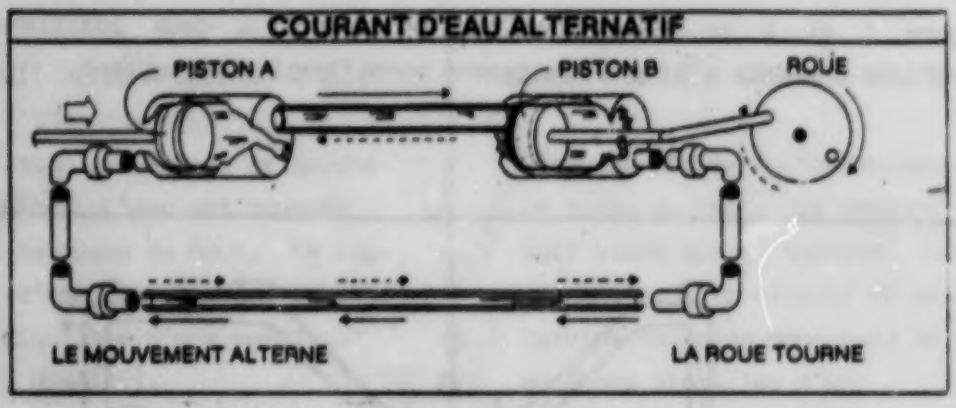


Fig. 2 Courant d'eau alternatif dans une tuyauterie.

Les pistons se déplacent de gauche à droite puis de droite à gauche de façon ininterrompue. C'est ce qui cause le changement de direction du courant d'eau. Cependant, le résultat final entraîné par ce mouvement est la rotation d'une roue. Cette rotation se fait de façon continuelle dans le même sens et cela malgré l'alternance du mouvement dans le circuit.

En résumé, les schémas de la figure 1 et 2 représentent bien les différences entre un courant continu et un courant alternatif. Ceci est valable pour un courant d'eau comme pour un courant électrique.

La rectification du courant d'eau

Est-ce qu'il serait possible d'imaginer un mécanisme assurant la transformation de notre courant d'eau alternatif en un courant d'eau continu? Nous pourrions alors mieux visualiser ce qu'est la RECTIFICATION du courant.

Nous te proposons dans les prochaines pages un montage spécial qui représente ce phénomène. Nous devons combiner les schémas de la figure 1 et 2 en les reliant par un tiroir à deux positions. Vérifions ensemble s'il y a réellement rectification du courant.

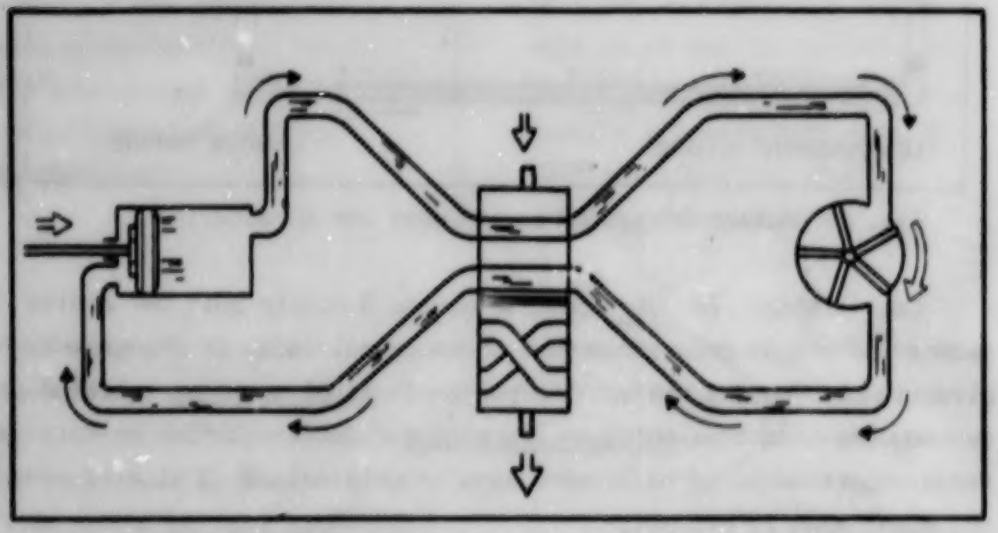


Fig. 3 Montage spécial illustrant la rectification d'un courant d'eau (1 re étape).

La figure 3 illustre tout d'abord dans sa partie de gauche un circuit alternatif. Le mouvement de l'eau doit alterner dans toute cette partie du schéma. Puis un passage dans le tiroir relie ce premier circuit à un deuxième circuit. Le mouvement de l'eau doit alors respecter un mouvement continu dans tout ce circuit.

Pour mieux voir si toutes les conditions sont respectées, examinons le tout en deux étapes. La figure 3 présente des flèches qui indiquent une première étape de mouvement. Dans cette étape, le piston du circuit alternatif se déplace de la GAUCHE vers la DROITE.

Première étape de la rectification du courant d'eau

CIRCUIT SITUÉ À GAUCHE (FIG. 3)	CIRCUIT SITUÉ À DROITE (FIG. 3)
Le piston se déplace de gauche à droite. L'eau est poussée vers le tuyau du haut. Le courant d'eau circule dans le sens des aiguilles d'une montre. (SENS HORAIRE).	L'eau se dirige également dans le tuyau du haut. Le courant agit alors sur la turbine. Le courant dans le circuit et la turbine tournent donc dans le sens des aiguilles d'une montre. (SENS HORAIRE).

Au moment où le piston arrive à la fin de sa course, c'est-à-dire à l'extrême droite, un changement est effectué dans le montage. On déplace le tiroir à sa deuxième position. La deuxième étape du mouvement est sur le point de commencer. Le piston se déplacera cette fois de la DROITE vers la GAUCHE.

Deuxième étape de la rectification du courant d'eau

La figure 4 illustre cette deuxième étape. Tu remarques que plusieurs flèches sont inversées relativement à celles de la figure 3. Est-ce que tu devines ce qui va se produire?

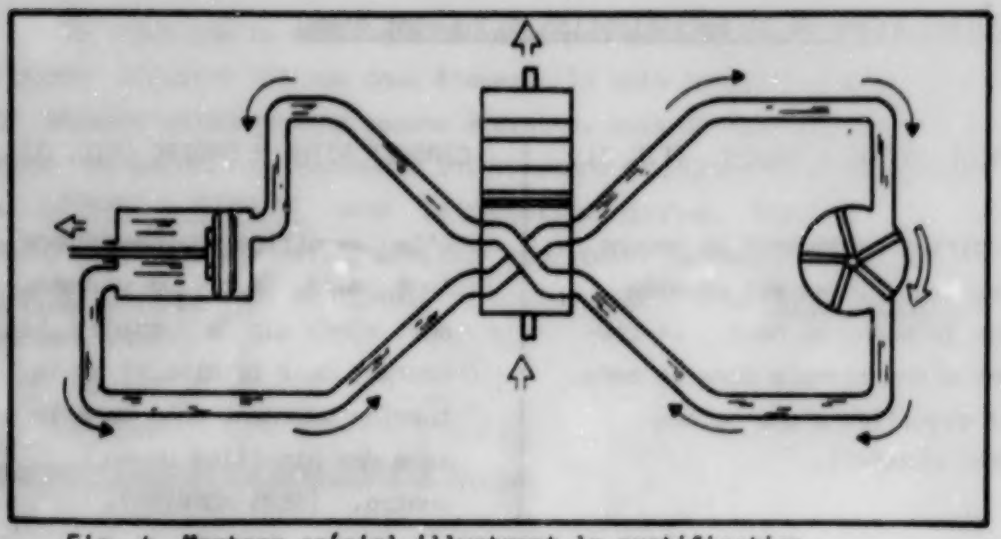


Fig. 4 Montage spécial illustrant la rectification d'un courant d'eau (2e étape).

CIRCUIT SITUÉ À GAUCHE (FIG. 4)

Le piston se déplace de droite à gauche. L'eau est poussée vers le tuyau du bas. Le courant d'eau circule dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. (SENS ANTI-HORAIRE).

CIRCUIT SITUÉ À DROITE (FIG. 4)

L'eau se dirige dans le tuyau du haut encore une fois. Le courant agit alors sur la turbine. Le courant dans le circuit et la turbine tournent donc dans le sens des aiguilles d'une montre. (SENS HORAIRE).

En conclusion, tu remarques que dans le <u>circuit de gauche</u> le <u>courant alterne</u> en passant d'une étape à l'autre. Cependant, dans le <u>circuit de droite</u>, le <u>courant reste continu</u> et ce, lors des deux étapes. Bien entendu, la condition essentielle permettant ce phénomène est le changement de position du tiroir à chaque fois que le piston arrive à la fin d'une course.

Il faut que tu notes que ce mouvement est très rapide. Nous ne t'avons illustré ici que deux étapes. Tu dois imaginer que le piston se déplace rapidement de gauche à droite, puis de droite à gauche et ainsi de suite. Ce mouvement ininterrompu et rapide du piston permet un COURANT ALTERNATIF dans le circuit de gauche. Ensuite, par un changement adéquat de la position du tiroir, le courant devient un COURANT CONTINU dans le circuit de droite. Il y a eu RECTIFICATION du courant d'eau.

La rectification du courant électrique

Tout comme un courant d'eau peut être rectifié, un courant électrique peut également subir une RECTIFICATION. C'est le même phénomène que celui que nous venons de t'expliquer sauf que les "victimes" ne sont pas des gouttes d'eau mais des charges électriques.

CIRCUIT D'EAU	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
Un courant d'eau alternatif peut être rectifié en un courant d'eau continu si un mécanisme adéquat est utilisé. Celui-ci est représenté dans les figures 3 et 4.	Un courant électrique alternatif peut être rectifié en un courant électrique continu si un mécanisme adéquat est utilisé. Ce mécanisme se nomme REDRESSEUR.

Un redresseur électrique peut donc se retrouver dans une source de courant continu. Sa fonction est de rectifier ou redresser le courant. Le prochain module t'explique en détail de quelle façon est conçu un redresseur et comme il fonctionne.

Questions - synthèses

- *Que signifie rectification du courant électrique?* _____

- *Dans notre montage illustrant la rectification d'un courant d'eau, qu'est-ce qui permet la conservation du courant continu dans le circuit de droite?* _____

NOTES: _____

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT

MODULE DE PROLONGEMENT 2
LE REDRESSEUR

De quelle façon est conçu le redresseur faisant partie de ta source de courant? Qu'est-ce qui fait que la rectification du courant est possible? Nous verrons dans les prochaines pages la réponse à ces questions.

Une mise au point

Avant de décrire le mécanisme qu'est le redresseur, il serait important de faire une mise au point qui évitera toute confusion. Dans le milieu du soudage, l'expression redresseur est réservée uniquement à la source de courant CC/CA. Retiens cette expression puisque c'est le langage du milieu qui le veut ainsi. Cependant, il faut également que tu comprennes que le mot redresseur ne désigne en réalité qu'un mécanisme faisant partie de deux types de sources de courant. Ces deux types sont ceux qui fournissent du courant continu soit la source CC (communément appelée GÉNÉRATRICE) et la source CC/CA (communément appelée REDRESSEUR). Souviens-toi que le mécanisme redresseur transforme le courant alternatif en courant continu. Lors de la lecture des prochaines pages, garde donc toujours en mémoire cette mise au point.

Les éléments d'un redresseur: les diodes

Un redresseur est conçu à l'aide de quatre diodes électriques. Ces diodes sont liées ensemble de façon à assurer la rectification du courant. Une DIODE est un élément électrique ne permettant la circulation du courant que DANS UN SEUL SENS.

Pour bien visualiser ce phénomène, imaginons une "DIODE A EAU". Le mécanisme doit permettre la circulation du courant d'eau dans un seul sens. Comparons ensuite cette "diode à eau" à une diode électrique. Nous te présentons cette comparaison dans les figures 1 et 2.

Dans un premier temps, examinons les diodes lorsque le courant est dans le bon sens, en d'autres mots, le sens admis par la diode.

DIODE À EAU	DIODE ÉLECTRIQUE
La circulation du courant d'eau est permise de gauche à droite.	La circulation du courant électrique est permise de gauche à droite.

Fig. 1 Sens de circulation permis par les diodes.

Si tu examines bien la diode à eau, tu vois que le grillage empêche la bille d'obstruer le passage. Ainsi, quand le courant s'établit de la gauche vers la droite, le passage est permis. L'eau se faufile de chaque côté de la bille et poursuit son chemin dans le tuyau.

Dans un second temps, examinons les diodes lorsque le courant s'établit dans le sens contraire. Pour remplir leur rôle, elles doivent interdire la circulation dans ce nouveau sens. Remarque que, cette fois-ci, le grillage n'empêche pas la bille d'obstruer le passage.

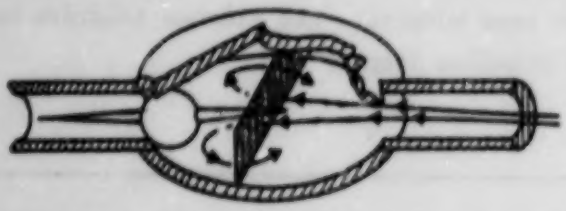
DIODE À EAU	DIODE ÉLECTRIQUE
	
La circulation du courant d'eau n'est pas permise de droite à gauche.	La circulation du courant électrique n'est pas permise de droite à gauche.

Fig. 2 Sens de circulation interdit par les diodes.

La diode électrique fonctionne exactement de la même façon que la diode à eau. Il est évident qu'elle n'est pas conçue de la même façon. Cependant, retiens son utilité. C'est ce qui compte pour le moment.

Nous t'avons déjà dit qu'un REDRESSEUR électrique est constitué de quatre diodes liées ensemble d'une certaine façon. Voyons comment ce montage peut permettre la rectification d'un courant électrique.

Le redresseur électrique

Nous te présentons dans la figure 3 le montage d'un redresseur électrique. Le circuit situé à gauche du schéma est alimenté par du courant alternatif. Le circuit situé à droite de ce même schéma doit permettre du courant continu seulement. Est-ce que les quatre diodes sont liées de façon à respecter cette condition?

Pour vérifier cela, examinons le mouvement du courant en deux étapes comme nous l'avons fait dans le module précédent. Dans un premier temps, regardons ce qui se produit lorsque le courant dans le circuit de gauche circule en sens horaire. Les flèches insérées dans la figure 3 illustrent cette première étape.

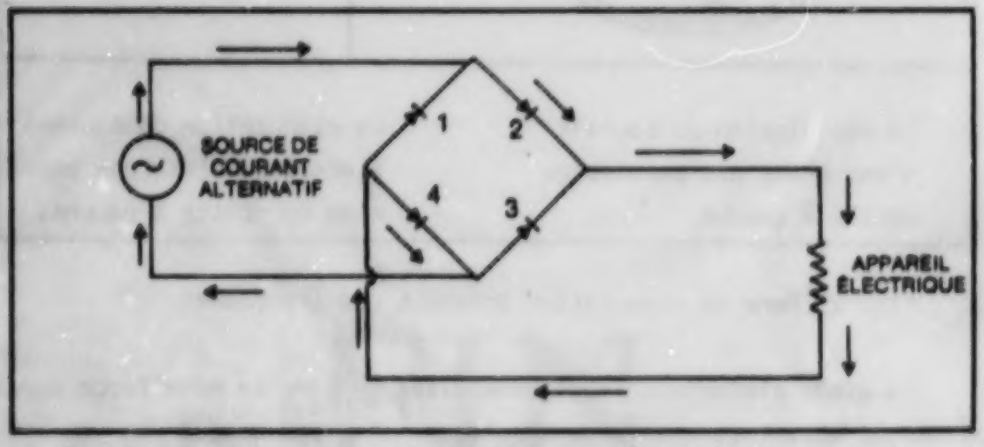


Fig 3. Fonctionnement d'un redresseur électrique (1 re étape).

Tu remarques dans cette première étape que le courant se présente aux diodes 1 et 2. Cependant, la circulation n'est permise que par la diode 2 (remarque le sens de la diode). Par la suite, la diode 3 interdit à son tour le passage du courant. Ce dernier s'engage donc dans le circuit de droite pour se rendre à l'appareil.

1 re ÉTAPE DE LA CIRCULATION DU COURANT DANS LE REDRESSEUR

CIRCUIT DE GAUCHE	CIRCUIT DE DROITE
Le courant circule dans le sens horaire.	Le courant circule dans le sens horaire.

Observons maintenant ce qui se produit lorsque le courant alternatif change de sens. La source envoie ce courant vers le fil du bas ce qui provoque une circulation en sens anti-horaire dans le circuit de gauche. C'est la deuxième étape du mouvement. La figure 4 présente cette étape avec les flèches correspondant au nouveau sens.

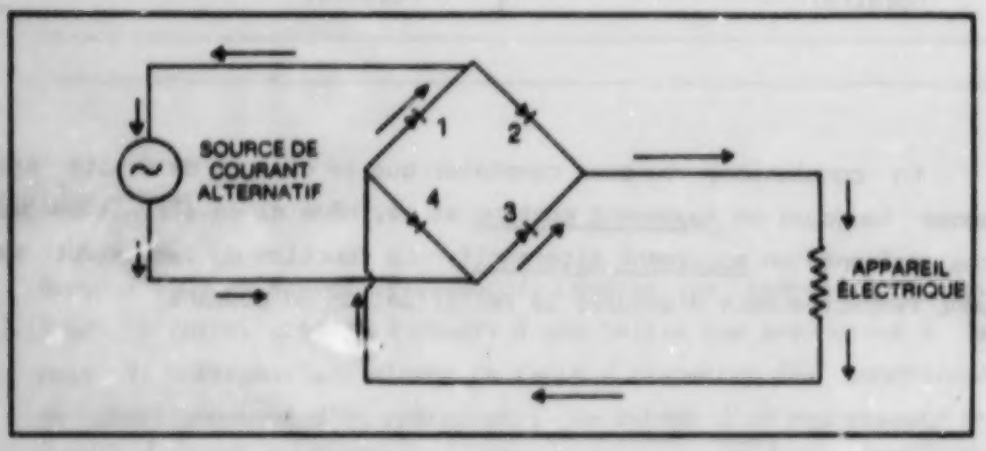


Fig. 4 Fonctionnement d'un redresseur électrique (2e étape).

Dans cette deuxième étape, le courant se présente aux diodes 3 et 4. Cependant, la circulation n'est permise que par la diode 3. Par la suite, la diode 2 interdit à son tour le passage du courant. Ce dernier s'engage donc dans le circuit de droite pour se rendre à l'appareil. Remarque que la circulation dans ce circuit de droite reste la même que celle de la première étape et ce, malgré l'alternance de la circulation dans le circuit de gauche.

2e ÉTAPE DE LA CIRCULATION DU COURANT DANS LE REDRESSEUR

CIRCUIT DE GAUCHE	CIRCUIT DE DROITE
Le courant circule cette fois dans le sens anti-horaire.	Le courant conserve son même sens de circulation soit horaire.

En conclusion, tu peux constater que le circuit de droite présente toujours un mouvement continu et ce, même si le circuit de gauche présente un mouvement alternatif. La fonction du redresseur est donc respectée soit d'assurer la rectification du courant.

> Un redresseur est un mécanisme composé de quatre diodes qui assure la transformation d'un courant alternatif en un courant continu (rectification).

Comme nous te l'avons déjà dit, ce redresseur est présent dans les sources de courant continu que tu utilises à ton atelier. Pour vérifier si tu as bien compris le fonctionnement d'un tel redresseur, nous te proposons quelques questions ainsi qu'un petit problème.

Questions - synthèses

- *Quelle est la caractéristique principale d'une diode?* _____

_____

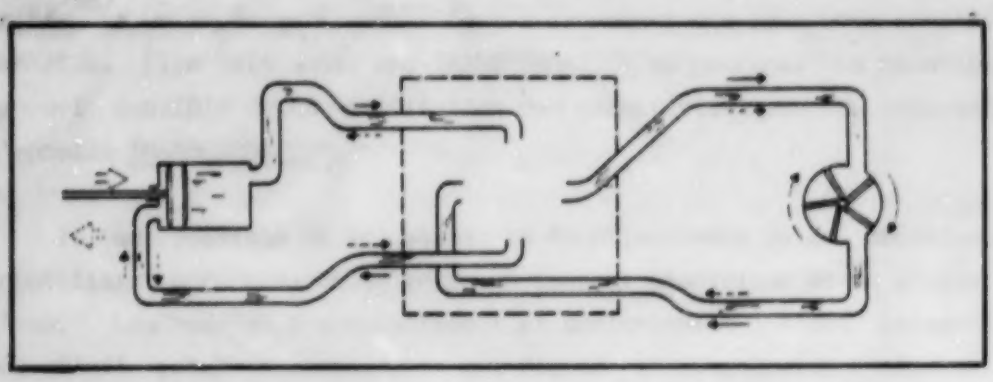
- *De quelle façon est conçu un redresseur et quelle est son utilité?*

_____

_____

Problème - synthèse

- *Avec l'aide du schéma déjà amorcé, dessine un redresseur à eau. Pour ce faire, utilise 4 diodes à eau telles que présentées à la page 2. Dispose ces diodes de façon à respecter les conditions de fonctionnement d'un redresseur. Le schéma d'un redresseur électrique (fig. 3 ou 4) pourra t'aider dans ta démarche. Observe-le attentivement et tu pourras facilement construire ce que nous te demandons.*



NOTES:

THÈME 3 - LES SOURCES DE COURANT

MODULE DE SYNTHÈSE

Le fonctionnement des sources de courant électrique peut être visualisé et expliqué à l'aide d'une comparaison avec un circuit d'eau. C'est ce qui a été fait dans ce thème. Nous avons vu les différentes façons d'obtenir le courant (continu ou alternatif) puis expliqué plus particulièrement deux mécanismes se retrouvant dans les sources de courant. Nous parlons ici du TRANSFORMATEUR et du REDRESSEUR.

Première partie - la transformation du courant

La source de courant que tu utilises possède plusieurs caractéristiques. L'une d'elles consiste à pouvoir ajuster le voltage et l'ampérage du courant qui alimente ton arc. Comme cette source est reliée au réseau, elle reçoit un courant à haut voltage et faible ampérage. Cependant, les conditions de soudage nécessitent un voltage faible et un ampérage élevé. C'est à ce moment que la source remplit son rôle. Elle fait subir une TRANSFORMATION au courant. Le mécanisme qui contrôle cette modification des caractéristiques du courant s'appelle TRANSFORMATEUR.

Il est possible de visualiser le fonctionnement de ce mécanisme en utilisant une comparaison entre un courant électrique et un courant d'eau. Les modules d'acquisition 1 et prolongement 1 t'ont présenté en détail cette comparaison. Une figure en particulier résumait bien le phénomène étudié. Tu peux examiner à nouveau cette figure si tu le veux (module d'acquisition 1, p.3).

Le courant d'eau subissait effectivement une TRANSFORMATION dans le deuxième circuit. Tout cela à cause des dimensions des cylindres et des tuyaux qui étaient différentes.

LA PRESSION DU COURANT D'EAU ÉTAIT DIMINUÉE
LE DÉBIT DU COURANT D'EAU ÉTAIT AUGMENTÉ

Le phénomène est comparable à ce qui se produit dans un transformateur électrique. La figure 1 présente un tel mécanisme.

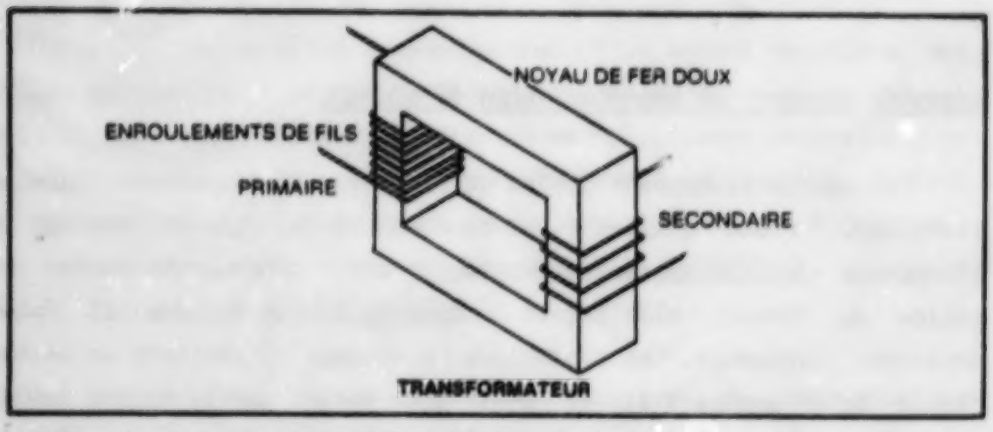


Fig. 1 Transformateur électrique.

Un effet magnétique dans le noyau fait subir une transformation au courant en passant de la bobine primaire à la bobine secondaire.

LE VOLTAGE DU COURANT ÉLECTRIQUE EST DIMINUÉ
L'AMPÉRAGE DU COURANT ÉLECTRIQUE EST AUGMENTÉ

La transformation du voltage effectuée dans un tel mécanisme est liée au nombre d'enroulements de fil disposés au primaire et au secondaire. Une relation mathématique simple permet de résoudre des problèmes associés à un transformateur. Elle pourra t'être utile un jour.

$$\frac{\text{voltage au primaire}}{\text{voltage au secondaire}} = \frac{\text{nombre d'enroulements au primaire}}{\text{nombre d'enroulements au secondaire}}$$

Deuxième partie - la rectification du courant

Certaines sources de courant possèdent un second mécanisme qui est bien particulier. En effet, il t'arrive de souder avec du courant continu. Plusieurs soudures ou électrodes spécifiques nécessitent ce type de courant. La source doit alors te fournir du courant continu tout en étant alimentée par du courant alternatif. C'est à ce moment qu'un mécanisme précis entre en jeu. C'est le REDRESSEUR. Il fait subir au courant une RECTIFICATION.

Il est possible encore une fois de visualiser ce phénomène en utilisant une comparaison avec l'écoulement de l'eau. Les modules d'acquisition 2 et prolongement 2 ont exploité des montages spéciaux qui illustraient cette comparaison.

Les figures 3 et 4 du premier module décrivaient ce qui se produit dans les deux circuits lors de la rectification du courant d'eau.

Le courant dans le circuit de gauche était ALTERNATIF.	Le courant dans le circuit de droite était CONTINU.

La rectification d'un courant électrique se réalise de la même façon. Nous parlons de l'effet global bien entendu. Il est évident qu'un redresseur électrique est conçu de façon différente. En fait, il est formé de quatre diodes liées ensemble d'une certaine manière. Rappelle-toi que les DIODES sont des éléments insérés dans un circuit qui ne laissent passer le courant que dans un seul sens. Les figures 3 et 4 du module de prolongement décrivaient le procédé de rectification dans un redresseur électrique. Une conclusion similaire au module précédent était alors faite.

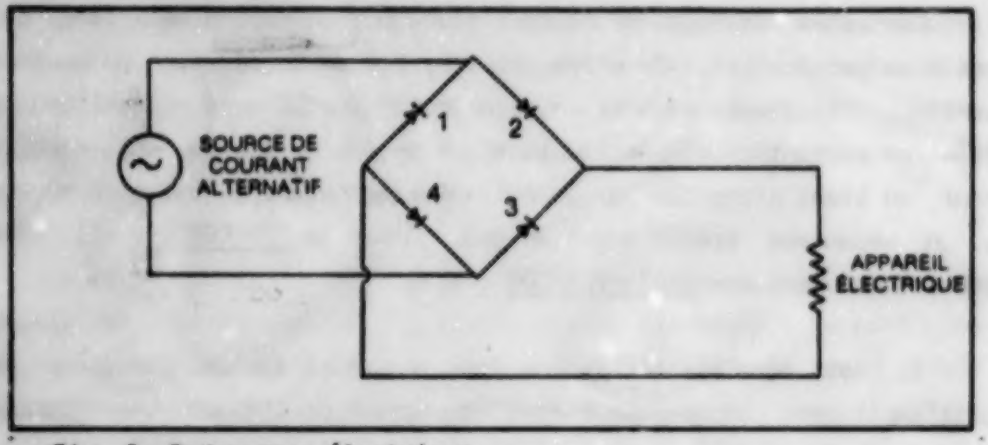


Fig. 2 Redresseur électrique

Le courant dans le circuit de gauche est ALTERNATIF.	Le courant dans le circuit de droite est CONTINU.

Les deux mécanismes que nous avons détaillés dans le thème 3 ont des utilités précises. Elles se résument à ce qui suit.

Le REDRESSEUR est un mécanisme qui assure la rectification du courant soit la modification d'un courant alternatif en un courant continu.

Le TRANSFORMATEUR est un mécanisme qui assure la transformation du courant soit l'ajustement du voltage et de l'ampérage qui caractérisent ce courant.

Troisième partie - "un dépannage bien particulier!"

Il est évident que la compréhension du fonctionnement des sources de courant ne modifiera pas ta façon de souder. Cependant, elle pourra t'aider à mieux comprendre ce avec quoi tu travailles. Cette compréhension pourra également te permettre d'effectuer certaines réparations ou d'improviser certains montages.

Voici un court récit qui prouve cette affirmation. Un jour, une personne se retrouva avec une batterie d'auto déchargée. Pensant bien faire, cette personne brancha un petit transformateur de train électrique d'un côté au secteur et de l'autre côté à la batterie. Se disant: "Ce transformateur de train fournit du 12 volts tout comme une batterie d'auto", la personne se retira confiante et revint quelques heures plus tard. Elle essaya le démarrage. Pas de résultat! Elle testa la batterie avec un multimètre. Pas de voltage! Quelle erreur avait fait la personne selon toi?

La réponse est qu'elle n'avait pas porté attention aux types de courant. Le réseau ainsi qu'un transformateur ne fournit que du courant ALTERNATIF. Une batterie d'automobile fournit du courant CONTINU et doit donc être alimentée avec ce type de courant seulement.

En fait, la batterie se chargeait mais seulement quand le courant alternatif était dans le bon sens. Elle se déchargeait aussitôt que le courant changeait de sens. Ce fut donc une perte de temps pour notre ami(e).

Y aurait-il eu moyen de corriger la situation? N'a-t-on pas vu dans ce thème un mécanisme qui assure la transformation du courant alternatif en courant continu? Tu te souviens comme nous du redresseur. Ce mécanisme placé entre le transformateur et la batterie aurait réglé la situation. La batterie d'auto aurait pu être chargée. Un courant alternatif du réseau aurait d'abord été fourni au transformateur. Ce dernier aurait ajusté le voltage en le diminuant de 120 V (entrée électrique) à 12 V. Puis le redresseur aurait ensuite rectifié le courant, le faisant passer de CA à CC. La batterie aurait finalement reçu le courant adéquat soit du 12 volts CC. La personne aurait été dépannée!

Dans tes expériences relatives au domaine de l'électricité, des événements de toutes sortes peuvent se produire. Une meilleure compréhension de base du phénomène peut alors t'aider à affronter ces événements. Et ceci est vrai à l'atelier comme à la maison.

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

FICHE D'INFORMATION

Problèmes abordés

De façon à poursuivre ton apprentissage du circuit électrique, le thème 4 présente la deuxième partie importante de ce circuit, soit le conducteur électrique. C'est lui qui fait le lien entre ta source de courant et ton arc électrique. Pour bien comprendre la matière qui touche les conducteurs électriques, il faut que tu sois initié à la notion de particules qui forment un courant électrique. Tu pourras ainsi mieux comprendre certains faits qui sont rattachés à ta technique comme les deux exemples suivants qui peuvent mener à bien des interrogations.

Si tu dégarnis un fil électrique, tu aperçois des brins de métal. Ce sont eux qui permettent la circulation de l'électricité. Pourquoi cela? De la même façon, comment l'électricité fait-elle pour circuler dans ta pièce à souder et dans ton électrode alors qu'elle ne peut le faire dans certains matériaux comme le caoutchouc? Celui-ci sert d'ailleurs à fabriquer les isolants qui te protègent de tout choc électrique!

Le cuivre conduit-il mieux l'électricité que le fer? Pourquoi ne fabriquerait-on pas les fils électriques en nickel plutôt qu'en cuivre? Sais-tu pourquoi tous les métaux que tu utilises à l'atelier se comportent de façon différente lors de la soudure?

Objectifs visés

OBJECTIF GÉNÉRAL
Identifier les principes de base relatifs à la structure interne d'un métal ou d'un fil électrique.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Identifier les deux principales classes de matériaux.
- Identifier les deux éléments qui forment la structure interne des matériaux.
- Reconnaître le comportement précis de ces particules dans chacune des deux classes de matériaux.
- Nommer deux propriétés importantes des métaux.
- Identifier ce qui forme un courant électrique.
- Définir la conductivité électrique et la résistivité électrique.
- Nommer les raisons qui expliquent une telle diversité de conducteurs.
- Reconnaître la vraie nature d'une résistance électrique.
- Définir la conductivité thermique.
- Identifier les deux modes de transfert de la chaleur dans les matériaux.
- Reconnaître le lien entre la conductivité électrique et la conductivité thermique.

Démarche proposée

Tu peux, si tu le désires, prendre note de tous les matériaux que tu connais et former un tableau qui te permettra de les classer dans les bons, moyens ou mauvais conducteurs. Tu peux également penser à tout ce qui permet le passage de l'électricité et tout ce qui l'empêche en observant autour de toi à l'atelier. Tu pourras, à la fin du thème, confirmer si tes pensées étaient fondées.

Contenu du thème

Module d'introduction 157
Module d'acquisition 1: la nature d'un métal 163
Module d'approfondissement 1: la nature du courant électrique 171
Module d'acquisition 2: la conductivité électrique 177
Module d'approfondissement 2: la nature de la résistance électrique 185
Module d'acquisition 3: la conductivité thermique 191
Module de synthèse 203

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

MODULE D'INTRODUCTION

La circulation de l'électricité

As-tu déjà examiné l'intérieur d'un fil électrique? Lorsque celui-ci est dégarni de son enveloppe, on y voit un fil de métal en un brin ou plusieurs brins torsadés. Une question peut alors venir à ton esprit. Comment l'électricité fait-elle pour circuler là-dedans?

Nous voulons dans les prochaines pages répondre à cette question en étudiant de quelle façon l'électricité se propage dans un milieu quelconque. Rappelle-toi que le courant ne circule pas seulement dans un fil électrique. Pense à ton circuit de soudage. La pièce que tu soudes permet la conduction du courant. Il en est de même pour l'espace de l'arc. De façon à englober toutes ces possibilités, on parle alors d'un MILIEU CONDUCTEUR. C'est la raison pour laquelle un tel qualificatif a été choisi dans la description d'un circuit électrique élémentaire.

Rappel: Le thème 2 t'a déjà fait connaître les trois parties essentielles de tout circuit électrique. Il y a la source, le milieu conducteur et l'appareil.

Les types de matériaux

Le cuivre est souvent employé dans la fabrication des fils électriques. C'est un métal qui assure une propagation très rapide de l'électricité. Il permet donc au fil de bien remplir son rôle soit le transport de l'énergie électrique. Pareillement, un matériau fréquemment utilisé pour exercer tes talents de soudeur est l'acier ou l'alliage d'acier. Encore une fois, l'électricité peut être véhiculée à travers un tel métal.

Cependant, il n'en est pas de même pour tous les matériaux qui existent sur la terre. En effet, certains matériaux empêchent ou rendent difficiles la circulation du courant. Tu ne pourrais évidemment pas souder deux pièces de bois ou de caoutchouc. Les propriétés différentes caractérisant ces matériaux sont représentées dans leur classification. Les matériaux avec lesquels tu peux effectuer une soudure sont classés dans les MÉTAUX. Les autres matériaux sont appelés NON-MÉTAUX. C'est la première classe qui t'intéresse le plus. Elle comprend tous les matériaux conducteurs d'électricité comme le cuivre et le fer. Elle inclut également l'aluminium, le plomb, l'argent, le zinc, l'or, l'étain et plusieurs autres.

Mais qu'est-ce qui fait que ces deux classes de matériaux sont différentes? Pourquoi seulement les métaux conduisent-ils l'électricité?

L'examen d'un bloc de matériau

Avant de répondre aux deux questions précédentes, il serait important de connaître la structure interne d'un matériau, que celui-ci soit un métal ou un non-métal. Par la suite, il sera possible d'étudier plus en détail la nature particulière d'un métal.

Ainsi, dans un premier temps, observons de façon détaillée un bloc de matériau. Imagine avoir la possibilité d'utiliser une loupe ultra-puissante. Un premier examen nous ferait voir de minuscules éléments tous attachés les uns après les autres. Il y en a des milliers dans une petite section de ce bloc. Ces éléments sont appelés ATOMES.

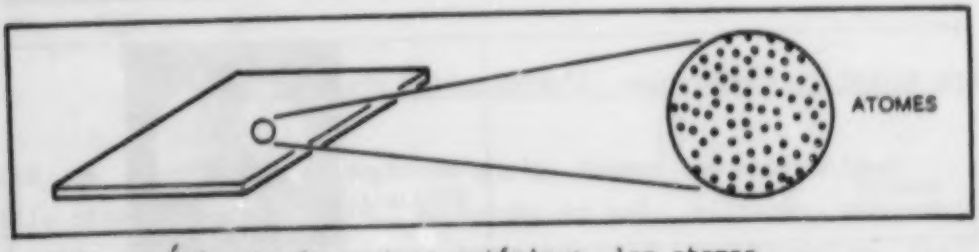


Fig. 1 Éléments formant un matériau: les atomes.

Les atomes sont des particules invisibles à l'oeil tellement elles sont minuscules. C'est le fait que toutes ces particules sont attachées ensemble qui donne l'apparence unie et solide du matériau.

Une deuxième observation plus approfondie nous ferait voir d'autres particules. En effet, les atomes sont constitués d'un noyau autour duquel tournent des éléments encore plus minuscules. On les appelle des ÉLECTRONS.

Fig. 2 Éléments en place dans les atomes: les électrons.

Les deux types de particules que nous venons de décrire sont présents dans tout matériau. Il est certes difficile de croire cette affirmation puisque le phénomène ne peut être observé à l'oeil nu. Cependant, dis-toi que bien des choses peuvent être découvertes en augmentant la capacité d'observation de notre oeil.

Une situation comparable: l'observation d'une ville

Imagine-toi au sommet d'une montagne en pleine nuit en train d'observer une ville. Des centaines de lumières inondent cette ville. C'est seulement en t'approchant de façon considérable que tu peux observer chacune des lumières de façon individuelle. L'examen d'une de ces lumières peut alors te faire découvrir autre chose surtout si le temps est humide. Ce sont de petites mouches voltigeant autour de l'ampoule qui constitue le centre de la lumière.

Un bloc de matériau comme celui que nous avons déjà observé peut être comparé à la première vision de la ville du haut de la montagne. On y retrouve des millions d'unités structurant le bloc en question. Ce sont les atomes. On pense alors aux milliers de lumières se retrouvant dans la ville. Une observation détaillée des atomes nous fait découvrir des particules encore plus minuscules gravitant autour d'un noyau. Ce sont les électrons. On pense alors aux moustiques tournant autour des ampoules qui forment le centre de la lumière.

Le schéma qui suit présente toute cette comparaison.

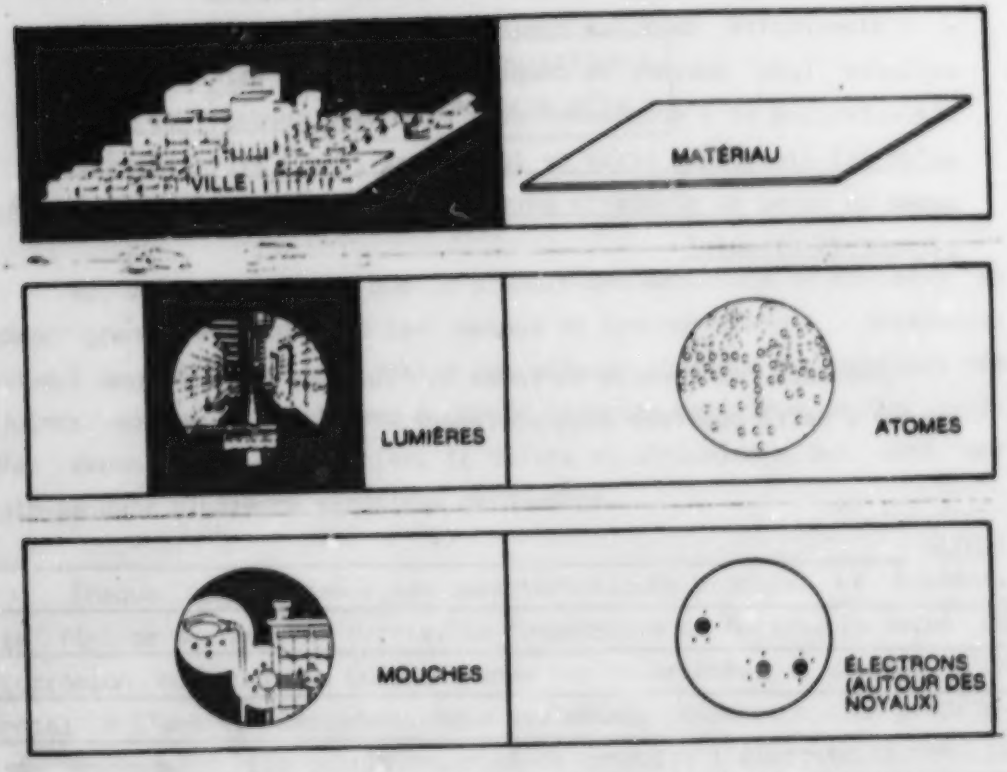


Fig. 3 Comparaison entre l'observation d'une ville en pleine nuit et l'observation d'un bloc de matériau.

Le comportement des particules dans un métal

Maintenant que tu connais les éléments qui structurent tous les matériaux, tu es prêt à étudier les différences qui existent entre les deux classes principales de matériaux. Le prochain module détaille la NATURE D'UN MÉTAL. Tu verras que le comportement de certaines particules est spécial dans un tel matériau.

Tu as eu l'occasion d'apprendre plusieurs notions relatives à l'électricité dans les trois premiers thèmes. On y a alors exploité très souvent la comparaison entre la circulation de l'électricité et l'écoulement de l'eau. Mais comment se fait-il qu'un fil électrique brisé ne laisse pas fuir l'électricité tout comme un tuyau de plomberie percé laisse s'écouler l'eau à l'extérieur du circuit?

Poursuis ta lecture du thème 4. Tu pourras peut-être répondre à cette question éventuellement.

NOTES: _____

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

MODULE D'ACQUISITION 1
LA NATURE D'UN MÉTAL

Les propriétés des métaux

Tu sais maintenant que la plupart des matériaux se divisent en deux grandes classes soit les métaux et les non-métaux. Attardons-nous à la première classe, celle des métaux. Lorsque tu fabriques des joints soudés, tu utilises à chaque fois des matériaux de ce type. Par exemple, il y a l'acier, le cuivre et l'aluminium qui sont employés dans plusieurs exercices de soudage.

Chaque métal possède ses caractéristiques propres. La couleur, le fini de surface, la dureté, la température de fusion, le degré de corrosion ne sont que quelques-unes des propriétés qui varient d'un métal à l'autre. Cependant, tous les métaux présentent deux propriétés communes. Ils ont la capacité de conduire l'électricité et la chaleur. On les appelle conducteurs électriques et thermiques. Cela signifie que,si l'on branche une source de courant électrique aux extrémités d'une tige de métal, la tige assure le transfert du courant d'un bout à l'autre. La même chose se produit si l'on place cette fois une source de chaleur à une des extrémités (par exemple un élément chauffant). L'autre extrémité devient chaude après un certain temps. La tige assure le transfert de la chaleur.

En fait, tu vérifies ces deux propriétés de façon régulière à l'atelier. Ta pièce de métal fait partie du circuit électrique de soudage. Elle permet ainsi la conduction de l'électricité. De plus, cette même pièce devient chaude rapidement ce qui lui permet d'entrer en fusion. Elle assure donc aussi la conduction de la chaleur.

Tous les métaux permettent la conduction de l'électricité et de la chaleur. C'est pourquoi on les appelle CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES ET THERMIQUES.

Limitons-nous pour l'instant à la première propriété c'est-à-dire la conduction de l'électricité. Examinons la structure interne d'un métal pour essayer de découvrir la cause de ce phénomène. Il se produit en effet quelque chose qui explique pourquoi les métaux sont conducteurs électriques et les non-métaux non-conducteurs électriques.

Les particules dans un métal

Tu connais déjà les particules qui forment la structure interne d'un métal. Le module d'introduction te les a présentées. Il y a tout d'abord les ATOMES. Ils sont des centaines de milliards tous liés les uns aux autres pour former un petit bloc de métal. D'autres particules encore plus minuscules font partie de chacun des atomes. Ce sont les ÉLECTRONS. Ils sont en rotation autour du noyau de l'atome. La figure 1 résume cette situation. Tu peux aussi retourner au module précédent si tu le désires.

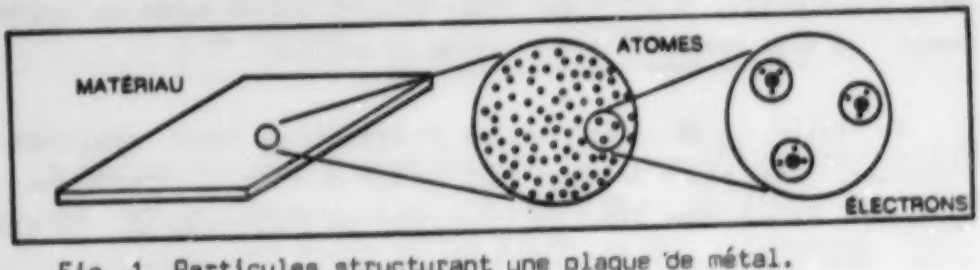


Fig. 1 Particules structurant une plaque de métal.

Le comportement des électrons

Observons plus attentivement les électrons. Ils restent à proximité du noyau car celui-ci agit comme un "aimant". Leur liberté de mouvement s'en trouve limitée. Cependant, pour un métal, un phénomène particulier se produit. Chaque atome possède au moins un électron faiblement lié à son noyau. Cet électron se détache du noyau et est en mesure de circuler librement dans tout le métal.

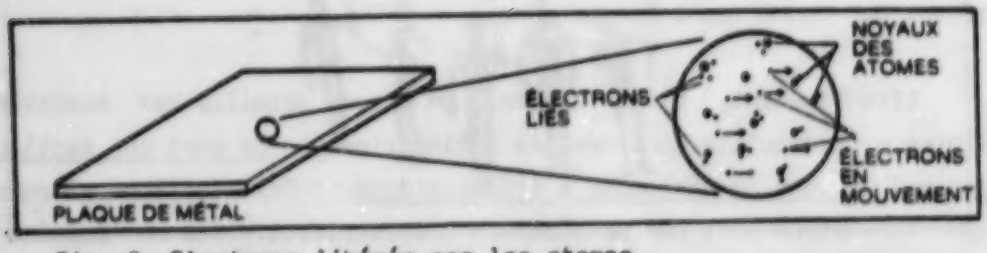


Fig. 2 Electrons libérés par les atomes.

Des observations similaires sur tous les autres métaux apportent la même conclusion. Le phénomène de l'électron libre se présente à chaque fois.

> Tous les métaux sont constitués d'atomes pouvant libérer chacun un électron. Les autres électrons demeurent liés au noyau de l'atome.

Qu'en est-il des électrons dans les non-métaux? Des observations montrent que la situation n'est pas comparable. En effet, les liens entre les noyaux des atomes et les électrons sont extrêmement forts. Aucun électron ne peut être libéré dans un tel matériau.

Tous les non-métaux sont constitués d'atomes ne pouvant pas libérer d'électrons. Ceux-ci demeurent donc tous liés au noyau de l'atome.

Ce phénomène serait-il à la base de l'explication concernant la conductivité électrique dans les matériaux? Souviens-toi que nous avons dit que les métaux étaient conducteurs électriques et les non-métaux non-conducteurs électriques.

Effectivement, c'est le cas. Un examen détaillé des électrons libres montre qu'ils sont chargés d'électricité. Ce sont ces particules qui servent de véhicules à l'électricité. Cela explique pourquoi les non-métaux sont non-conducteurs d'électricité. Ils ne possèdent pas d'électrons libres.

Les électrons libérés par les atomes d'un métal sont les éléments qui transportent l'électricité.

C'est pourquoi on peut appeler tous les métaux CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES et tous les non-métaux NON-CONDUCTEURS ou ISOLANTS ÉLECTRIQUES.

Des gens et des mouches!

Afin de mieux comprendre ce qui se produit à l'intérieur d'un métal, il serait bon de comparer la situation réelle à une autre situation plus facile à visualiser, une situation que l'on rencontre parfois dans la vie quotidienne.

Imagine un groupe de personnes réunies dans un endroit bien précis à l'extérieur de la maison. Par un soir d'été, un taux élevé d'humidité provoque la présence de petites mouches. Celles-ci se mettent alors à voler au-dessus des gens pour ensuite se faufiler à travers ceux-ci. Après un certain temps, on voit des mouches qui tournent autour de chaque personne. Par contre, d'autres mouches continuent de voltiger en toute liberté au-dessus de l'ensemble des gens.

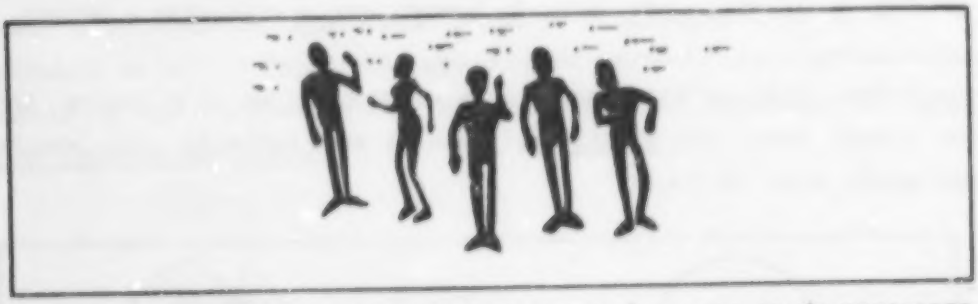


Fig. 3 Nuage de mouches voltigeant parmi un groupe de personnes.

Est-ce que tu perçois un rapprochement possible entre l'exemple que nous venons de te donner et ce qui se produit à l'intérieur d'un métal?

En fait, nous supposons que les gens et les mouches sont regroupés de façon assez serrée, formant ainsi une petite foule ou un groupe. Celui-ci est comparé à un morceau de métal.

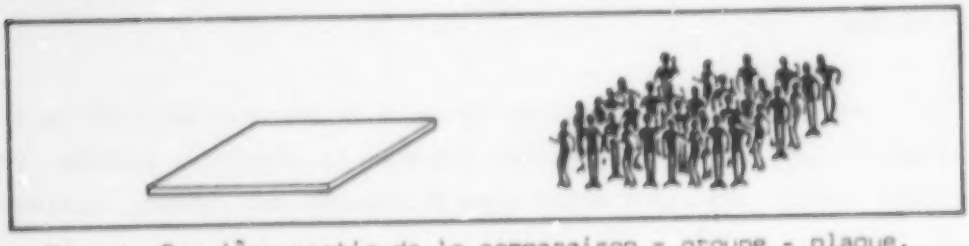


Fig. 4 Première partie de la comparaison = groupe - plaque.

Les noyaux des atomes du métal sont comparés à toutes les personnes qui font partie du groupe.

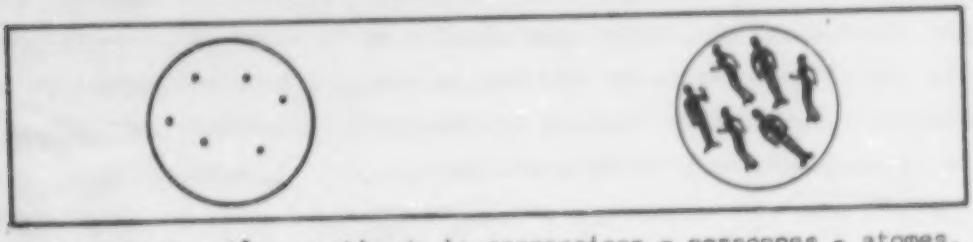


Fig. 5 Deuxième partie de la comparaison = personnes - atomes.

Enfin, les parties encore plus minuscules que l'on trouve dans les atomes sont les électrons. Ceux-ci sont comparés aux mouches voltigeant parmi la foule.

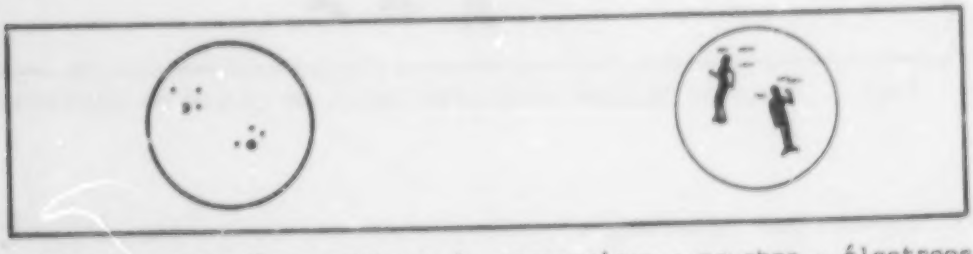


Fig. 6 Troisième partie de la comparaison = mouches - électrons.

Rappelle-toi que les interactions entre les atomes et les électrons sont de deux types. Un seul électron est libéré par les atomes des métaux. Les autres électrons restent liés au noyau de l'atome. Pareillement dans la comparaison, certaines mouches volent autour de la tête des gens. D'autres mouches circulent librement d'une personne à l'autre.

En résumé, cette comparaison tente de te faire visualiser le fait suivant. Les liens entre atomes (noyaux) et électrons libérés sont faibles comme les liens entre gens et mouches qui volent librement sont faibles.

Le courant électrique dans les métaux

Tu sais maintenant pourquoi les matériaux faisant partie de la classe des métaux sont différents de ceux faisant partie de la classe des non-métaux. Tu as également une bonne idée de ce qui provoque le transport de l'électricité. C'est le phénomène de l'électron libre. Ceci peut grandement t'aider dans l'étude de la nature du courant électrique. Si le thème 1 t'a permis de comprendre les caractéristiques d'un courant électrique (voltage et ampérage), il ne t'a pas présenté de quelle façon est structuré ce courant. Le prochain module appelé d'approfondissement vient donc préciser davantage la nature d'un courant électrique.

QUESTIONS-SYNTHÈSES

- *Quel est le nom des particules faisant partie de la structure interne de tous les matériaux?* _____

- *Nomme deux propriétés communes à tous les métaux?* _____
_____

- *À l'intérieur d'un métal se produit quelque chose de spécial entre atomes et électrons. Essaie de l'expliquer en tes propres mots?*
_____
_____
_____

- *Pourquoi un non-métal ne conduit-il pas l'électricité?* _____
_____

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

MODULE D'APPROFONDISSEMENT 1
LA NATURE DU COURANT ÉLECTRIQUE

L'intérieur d'un fil électrique

Le module précédent t'a permis d'aborder plusieurs aspects propres aux métaux et de concevoir pourquoi ils diffèrent des autres matériaux. Tu sais qu'un fil électrique est fabriqué avec du métal c'est pourquoi on l'appelle parfois fil métallique. Essayons maintenant de comprendre comment un courant électrique s'établit dans un tel fil.

Le phénomène se produit dans un espace réduit et les particules en jeu sont extrêmement petites. Une comparaison serait donc nécessaire encore une fois de façon à bien visualiser les explications.

Un courant de mouches!

Imagine-toi dans le corridor d'une polyvalente. C'est l'heure de la pause et tous les élèves sont dispersés dans ce corridor en train de discuter. Une porte est ouverte de façon à rafraîchir l'endroit. Cependant, un fait inhabituel se produit! Une grande quantité de mouches pénètre à l'intérieur et se met à voler parmi les élèves. Un élève décide alors d'ouvrir la porte située à l'autre extrémité du corridor. Ceci provoque un fort courant d'air entre les deux portes tout le long de ce corridor.

Que se produit-il selon toi? Si tu penses que les mouches sont emportées par le courant d'air, tu as raison. C'est un "courant de mouches" d'un bout à l'autre du corridor. Imagine s'il y avait des mouches qui entraient continuellement par la première porte, nous serions en présence d'un "courant continu de mouches".

Est-ce que cette situation pourrait être comparée à la circulation d'un courant électrique dans un fil métallique? Est-ce qu'elle pourrait nous aider à visualiser ce qui se produit dans ce fil? Voyons cela ensemble.

Le corridor d'école est tout d'abord comparé à un fil électrique. Dans les deux cas, nous avons une voie plus longue que large qui permet la circulation d'éléments quelconques d'un bout à l'autre.

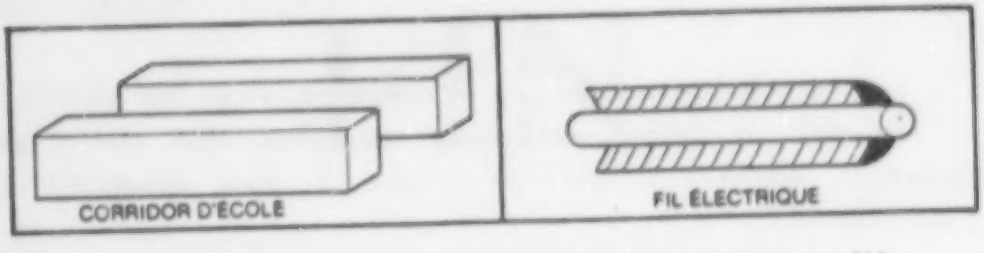


Fig. 1 Première partie de la comparaison = corridor - fil.

À l'heure de la pause, une foule d'élèves occupe l'espace du corridor. Cette situation est comparable aux atomes qui forment la structure du fil métallique.

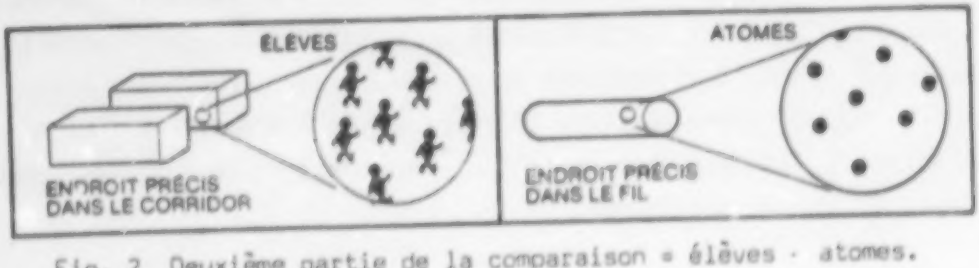


Fig. 2 Deuxième partie de la comparaison = élèves - atomes.

Le courant d'air en présence dans le corridor permet la circulation des mouches entre les élèves. Encore là, une situation comparable peut être observée dans une plaque de métal. Le module précédent t'a permis de comprendre un phénomène bien particulier concernant les particules des atomes dans un métal. C'est le phénomène de l'électron libéré. En effet, plusieurs électrons relâchés par les atomes sont en mesure de circuler librement. Ils se faufilent alors entre ces atomes tout comme, dans notre comparaison, les mouches se faufilent entre les élèves.

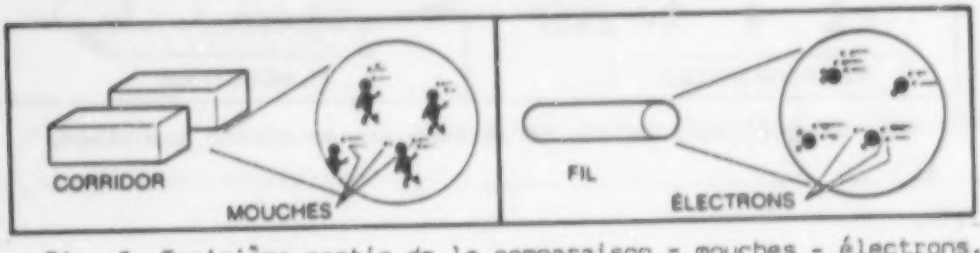


Fig. 3 Troisième partie de la comparaison = mouches - électrons.

Nous t'avons expliqué ce qui provoque le mouvement des mouches d'un bout à l'autre du corridor. C'est le vent qui crée un courant d'air. A quoi cela peut-il être comparé dans un fil métallique? Tout d'abord, le module précédent t'a appris une deuxième chose très importante concernant la circulation de l'électricité. Ce sont les électrons libérés par les atomes qui sont les véhicules transporteurs d'électricité. Mais qu'est-ce qui provoque un courant électrique? Il existe une force qui pousse celui-ci à circuler tout comme, dans notre comparaison, le vent est la force qui pousse les mouches à circuler. Tu as vu le nom de cette force au thème 1. Est-ce que tu te le rappelles?

RAPPEL La force qui pousse les charges électriques à circuler dans un circuit s'appelle le VOLTAGE. Il est créé par la source de courant.

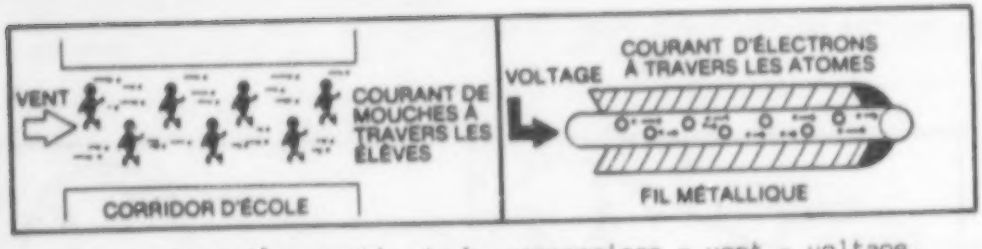


Fig. 4 Quatrième partie de la comparaison = vent - voltage.

La constitution d'un courant électrique

Tu sais maintenant comment un courant électrique s'établit dans un fil métallique. Ce sont les électrons libres qui véhiculent l'électricité. Ceux-ci sont poussés à circuler dans une certaine direction par le voltage de la source de courant. Il y a cependant une chose importante à noter ici. C'est que les électrons ne sont qu'une infime partie de la tige métallique formant le fil électrique. De plus, ce ne sont pas tous les électrons qui circulent mais seulement quelques-uns libérés par les atomes. Commences-tu maintenant à voir les différences entre un courant électrique et un courant d'eau? Une première différence vient d'être confirmée. Dans un tuyau d'eau, tout ce qui se retrouve à l'intérieur est en mouvement. C'est évidemment l'eau! Dans un fil électrique, seulement une minuscule partie de la matière est en mouvement. Ce sont les électrons libres qui constituent les charges électriques.

Ce dernier énoncé résume bien le module. Pour compléter la récapitulation, essaie de répondre aux questions suivantes.

QUESTIONS-SYNTHÈSES

- *Peux-tu nous dire en tes propres mots quelles sont les particules en mouvement dans un fil électrique et quelles sont celles qui demeurent en place?* _____

- *Quelle est la force qui pousse les charges électriques à circuler dans un fil métallique?* _____

Si tu comprends maintenant mieux la nature d'un courant électrique, tu dois cependant poursuivre ton étude des conducteurs électriques. Tous les métaux permettent la conduction de l'électricité. Tu sais déjà cela. Cependant, chaque métal présente son degré de conductivité propre. Il y a des bons, moyens et moins bons conducteurs électriques. Le prochain module t'explique le pourquoi de cette diversité de conducteurs.

NOTES:

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

MODULE D'ACQUISITION 2
LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE

Le degré de conductivité électrique

Lorsque l'on mesure la facilité avec laquelle les métaux permettent la conduction du courant électrique, on s'aperçoit que chaque métal présente son degré de conductivité propre. Les métaux peuvent être classés comme étant conducteurs bons, moyens ou médiocres. On peut classifier le cuivre et l'argent dans les bons conducteurs. Les fils électriques sont d'ailleurs conçus en cuivre. Il existe ensuite l'aluminium et le magnésium qui sont qualifiés de conducteurs moyens. On peut finalement citer le fer et le nickel comme conducteurs médiocres. Mais pourquoi y a-t-il des conducteurs électriques plus efficaces que d'autres?

La résistivité électrique

Dans le but de répondre à la question précédente et de mieux comprendre ce qu'est la CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE, il faut introduire une nouvelle notion. C'est la RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE. Dis-toi que ces deux propriétés sont contraires l'une de l'autre. Un métal bon conducteur est peu résistif et un métal moins bon conducteur est très résistif.

La conductivité électrique est la propriété qu'ont les métaux de permettre la circulation du courant.

La résistivité électrique est la propriété qu'ont les métaux de résister à la circulation du courant.

Par exemple, le cuivre est un métal fortement conducteur et faiblement résistif. Le nickel est, quant à lui, moins conducteur et plus résistif.

La propriété de résistivité électrique peut nous aider dans notre étude. Il faudrait visualiser comment la structure interne d'un métal se comporte pour être résistive. On pourrait alors y découvrir pourquoi il existe une grande diversité de conducteurs électriques.

La structure interne des métaux

Le module d'acquisition 1 t'a présenté en détail la nature d'un métal. Tu as pu apprendre que des électrons libérés circulent à travers les atomes formant un morceau de métal. Ce sont eux qui servent à véhiculer l'électricité. Cependant, si ces électrons sont libres de circuler, il ne faut toutefois pas croire que leur cheminement est aisé. Ils doivent en effet éviter tous les atomes et les contourner pour se faufiler dans les espaces disponibles. Ceci n'est pas toujours facile. Certains métaux présentent une structure interne très serrée. Les atomes peuvent être plus gros ou la distance entre ces atomes peut être très petite. De plus, rappelle-toi qu'un atome ne libère qu'un seul électron. En résumé, le cheminement des électrons peut être non seulement rendu plus long mais également plus ardu.

Chaque métal présentant une structure interne spécifique, il offrira donc un degré de résistivité propre à lui seul. Cette propriété aidera ensuite à le classer dans les conducteurs bons, moyens ou médiocres.

La machine à boules!

Dans le but de mieux visualiser les concepts de conductivité et résistivité électrique, nous avons pensé te présenter une comparaison avec une machine à boules. Tu as sûrement déjà joué avec une telle machine dans une arcade. Cette comparaison t'aidera peut-être à mieux voir tout ce que nous voulons dire par nos explications.

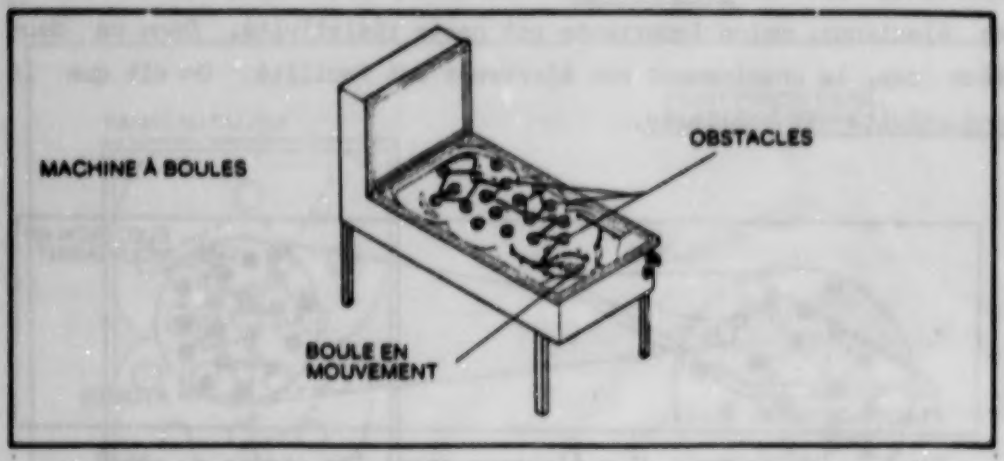


Fig. 1 Cheminement d'une boule dans une machine à boules.

Dans une machine de ce genre, les boules arrivent en haut du jeu et sont attirées vers le bas à cause de la pente descendante. Cependant, elles ont de la difficulté à se rendre à cet endroit de façon directe et rapide à cause des nombreux obstacles se retrouvant sur leur chemin. Ceux-ci opposent une résistance au déplacement aisé des boules.

On pourrait dire qu'il y a en quelque sorte une "résistivité" tout le long du panneau de la machine. Plus il y a d'obstacles, plus importante est la "résistivité". Moins il y a d'obstacles, moins importante est cette "résistivité". Dans ce deuxième cas, le cheminement des boules est facilité. On pourrait dire que la "conductivité" est améliorée.

Le passage du courant électrique dans un fil métallique ou dans une pièce de métal présente un contexte similaire. Les électrons libres partent d'une borne et voyagent vers une autre borne. Ils ont comme mission de transporter l'énergie électrique. Cependant, pour ce faire, ils doivent circuler à l'intérieur du métal parmi les millions d'atomes constituant ce matériau. Ils ont donc des obstacles à contourner. Plus il y a d'atomes sur le chemin des électrons, plus importante est la résistivité. Moins il y a d'atomes sur le chemin des électrons, moins importante est cette résistivité. Dans ce deuxième cas, le cheminement des électrons est facilité. On dit que la conductivité est améliorée.

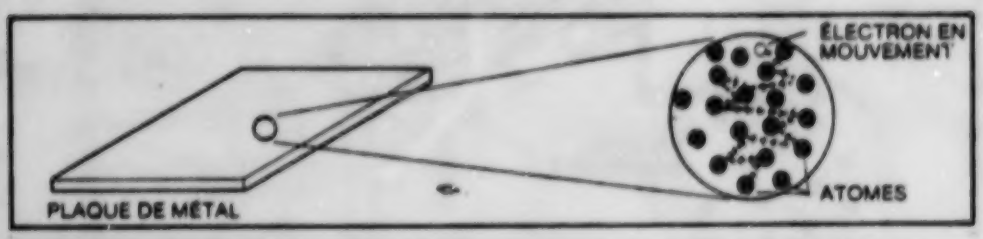


Fig. 2 Cheminement d'un électron parmi les atomes du métal.

Est-ce que tu perçois la comparaison pouvant être établie entre le mouvement des électrons dans un métal et le mouvement des boules, dans une machine à boules? Si tu n'es pas certain, porte une attention spéciale à ce qui suit.

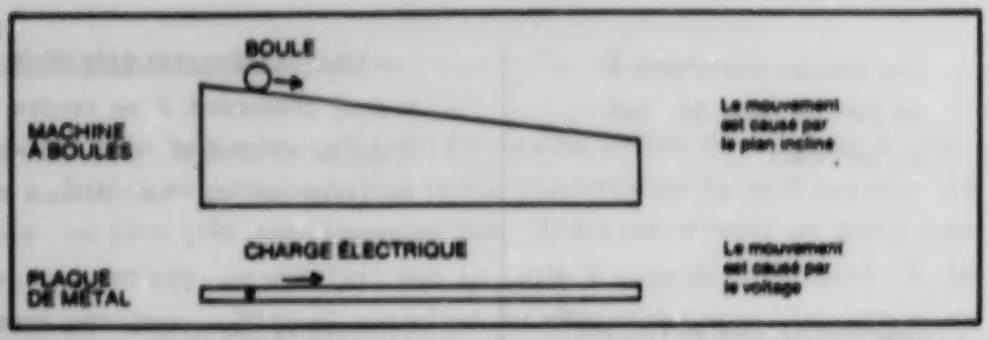


Fig. 3 Comparaison entre la cause du mouvement dans la machine à boules et celle dans la plaque métallique.

La comparaison est maintenant présentée en détail. Nous décrivons la situation de la machine à boules dans la partie gauche de la page. Ensuite, nous décrivons la situation du conducteur électrique dans la partie droite de la page. Cela t'aidera!

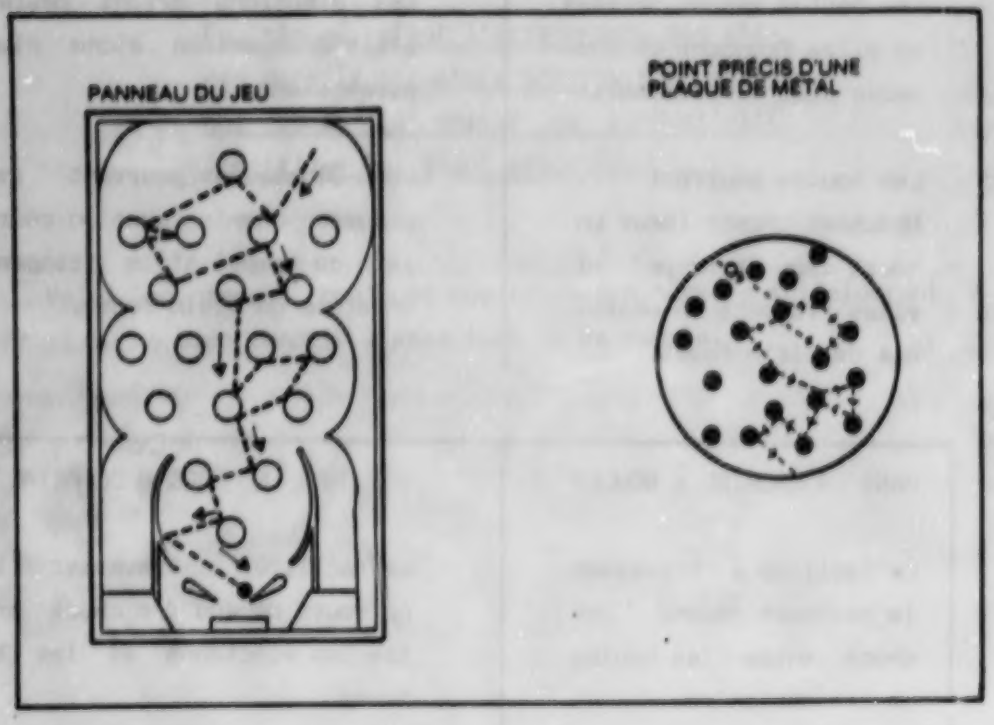


Fig. 4 Comparaison entre le cheminement de la boule dans le jeu et celui de l'électron dans un métal.

Les boules cherchent à se rendre dans le bas du panneau.	Les charges électriques (électrons) cherchent à se rendre à l'autre extrémité du fil métallique ou de la plaque de métal.
Cependant, des obstacles se présentent sur le chemin des boules.	Cependant, des atomes se présentent sur le chemin des électrons.
Les boules pourront être ralenties si elles ne font que frôler un obstacle.	Les électrons pourront être ralentis s'ils ne font que frôler un atome.
Les boules seront déviées si elles frappent un obstacle plus directement.	Les électrons seront déviés s'ils frappent un atome plus directement.
Les boules pourront rebrousser chemin (pour un court laps de temps) si elles frappent un obstacle de plein fouet.	Les électrons pourront rebrousser chemin (pour un court laps de temps) s'ils frappent un atome de plein fouet.

DANS LA MACHINE À BOULES	DANS LE MORCEAU DE MÉTAL
La facilité à traverser le parcours dépend des chocs entre les boules et les obstacles.	La facilité à traverser le parcours dépend des chocs entre les électrons et les atomes.

La diversité des conducteurs

Tu sais très bien qu'il existe toutes sortes de machines à boules. Certaines demandent une bonne vigilance de ta part puisque la boule se rend très rapidement en bas. D'autres offrent un grand nombre de rebonds ce qui fait que la boule a plus de difficulté à se rendre en bas. Dis-toi que c'est la même chose dans la structure interne des métaux. Les métaux présentant une bonne conductivité électrique possèdent une structure interne favorable au cheminement aisé des électrons. Leur résistivité électrique est faible. C'est le cas du cuivre. Par contre, à cause de leur structure, d'autres métaux rendent plus difficile le cheminement des électrons parmi les atomes. Ils ont une résistivité électrique plus importante et, par conséquent, une conductivité électrique plus faible. C'est le cas du fer ou de l'acier.

> En résumé, c'est l'arrangement des atomes dans la structure interne d'un métal qui règle la valeur de conductivité électrique lui étant associée.

Voici maintenant quelques questions-synthèses qui t'aideront à voir si tu as bien compris l'essentiel de ce module.

- *Peux-tu nous dire quelle est la différence entre la conductivité électrique et la résistivité électrique?* _____

_____

_____

- *Dis-nous en tes propres mots quelles sont les différences existant dans la structure interne des métaux qui expliquent la diversité des conducteurs électriques (bons, moyens ou médiocres)?* _____

_____

_____

_____

Résistivité et résistance

Tu devrais avoir compris dans ce module l'étroite relation existant entre le phénomène de conductivité électrique et celui de résistivité électrique. Maintenant le terme résistivité semble très proche du terme résistance. Y a-t-il une relation entre les deux? Rappelle-toi tout d'abord le thème 2. La notion de résistance électrique a alors été traitée dans un module d'acquisition. Les effets d'une résistance ont été détaillés à l'aide d'une comparaison avec l'écoulement de l'eau. Cependant, la structure interne de cette résistance électrique n'a pas été présentée. Il serait donc utile ici de compléter ton apprentissage concernant cette notion. Le prochain module présente ce qu'est la nature d'une résistance électrique. Tu verras que le module que tu termines à l'instant est important pour cette étude.

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

MODULE D'APPROFONDISSEMENT 2
LA NATURE DE LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

La notion de résistance électrique

Que signifie le terme résistance électrique? Y a-t-il moyen de le relier à la notion de résistivité électrique détaillée dans le module précédent? Tout d'abord, dis-toi que le terme RÉSISTANCE est souvent employé de façon générale pour exprimer une difficulté dans un cheminement quelconque. Dans le thème 2, tu as vu qu'un courant d'eau subissait une résistance lorsqu'il se présentait dans un étranglement. Dans le module précédent, les électrons subissaient une certaine résistance dans leur mouvement à travers les atomes. Tu peux retourner à ces modules si tu le désires pour y jeter un coup d'oeil.

Cependant, le terme RÉSISTANCE est aussi employé pour représenter un élément particulier dans un circuit. Tu as également vu cela dans le thème 2. C'est le cas des appareils électriques. Pense par exemple aux éléments chauffants d'une cuisinière électrique ou d'un grille-pain.

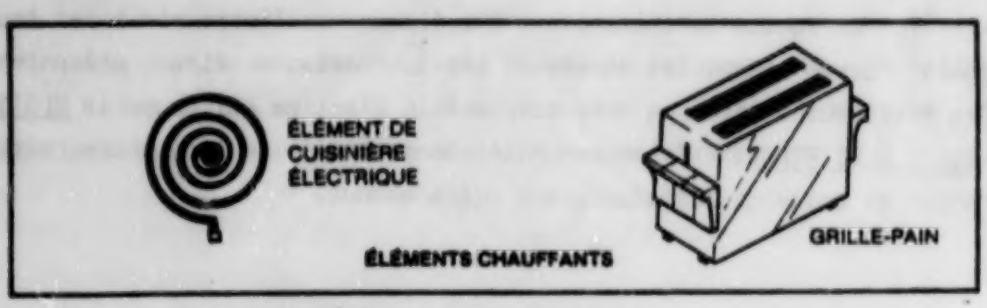


Fig. 1 Exemples d'éléments chauffants.

On peut qualifier ces deux appareils de résistances électriques car le courant traverse les éléments avec difficulté. Son cheminement est alors plus ardu si l'on compare au moment où il était dans les fils électriques. Tout cela crée un effet au niveau de l'appareil.

RAPPEL L'énergie empruntée au niveau de la résistance sert à créer une utilité quelconque par exemple de la chaleur.

C'est d'ailleurs l'utilité apportée dans notre exemple. Les éléments chauffants servent à créer une grande quantité de chaleur.

La notion de résistivité électrique

Le module précédent peut t'aider à comprendre encore mieux la nature d'une résistance électrique. Rappelle-toi que si tous les métaux permettent la conduction du courant, ils le font cependant de façon variable d'un métal à l'autre.

Tu as vu que le cheminement des électrons libres n'est pas toujours facile parmi les atomes du métal. Certains métaux présentent des structures internes très complexes. C'est ce qui cause la RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE. Essayons maintenant de voir le lien entre cette notion et celle de résistance vue précédemment.

Tout d'abord, tu sais que les fils électriques sont pour la plupart du temps conçus en cuivre. C'est un métal ayant une forte conductivité électrique et une faible résistivité électrique. Comme une résistance rend la circulation du courant plus difficile, il est donc facile d'imaginer que cette résistance sera formée d'un métal offrant les caractéristiques suivantes: une conductivité électrique plus faible et une résistivité électrique plus forte. C'est le cas des éléments chauffants de l'exemple offert à la page précédente.

Le phénomène dans la résistance

Si le thème 2 t'a permis de comprendre les effets d'une résistance, il ne t'a toutefois pas décrit la structure interne de cette résistance. Tu es maintenant en mesure de visualiser cette structure grâce aux modules qui ont précédé.

Examinons le cheminement d'un courant électrique dans un circuit comportant une résistance. Au départ, l'électricité circule de façon aisée dans le fil électrique. Cependant, la résistance se présente sur son chemin. Les électrons qui sont les éléments transporteurs d'électricité arrivent dans un nouveau milieu. La résistivité électrique de ce milieu est plus élevée. Les électrons ont alors plus de difficulté à circuler. Ils dépensent une certaine quantité d'énergie dans tous leurs efforts pour traverser le milieu en question. Puis, enfin, la sortie se présente. Les électrons retombent dans un milieu où la circulation est plus aisée. Ils sont en fait revenus dans un fil électrique. La résistance électrique a été traversée.

Une randonnée en "trois roues"

Afin de mieux fixer ton idée sur ce que nous venons de décrire, comparons tout cela à une situation concrète qu'il t'est peut-être déjà arrivé de vivre. Imagine-toi en train de traverser des champs à l'aide d'un véhicule motorisé tout terrain parfois appelé "trois roues". Tu rencontres tout à coup une région où les arbres sont très nombreux. Tu dois donc ralentir ton bolide et porter une plus grande attention pour éviter les arbres. Cette région offre une certaine résistance à ton cheminement. Finalement, tu rencontres à nouveau un champ plus clairsemé. Tu augmentes ta vitesse et ton déplacement redevient plus aisé comme au départ.

Comparons cette randonnée en "trois roues" au phénomène de résistance dans un circuit électrique.

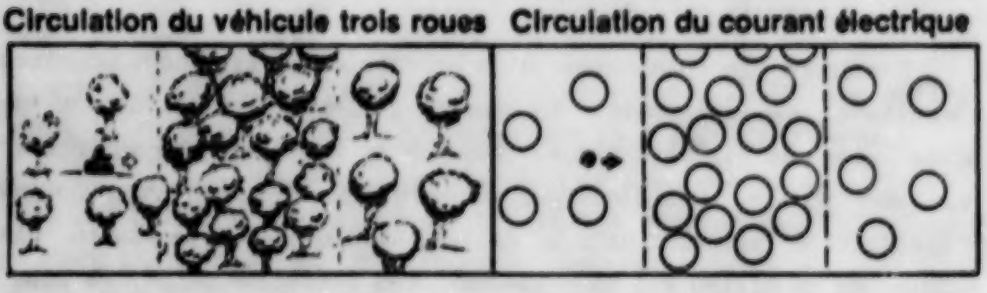


Fig. 2 Comparaison entre une randonnée en "trois roues" et l'effet d'une résistance dans un circuit électrique.

Au départ, le véhicule circule dans un champ clairsemé. Son cheminement est facile.

Au départ, les électrons circulent dans un matériau étant excellent conducteur électrique. Leur circulation est facile.

Puis, le véhicule entre dans une forêt où les arbres sont très nombreux. Le cheminement devient plus difficile.	Puis, les électrons rencontrent l'élément formant la résistance. Celui-ci est conçu avec un métal offrant une résistivité électrique forte. Des atomes plus serrés dans la structure interne peuvent en être la cause. La circulation des électrons devient plus difficile.
Enfin, le véhicule atteint une région où les arbres sont plus distants. Il peut reprendre sa vitesse de croisière. Son cheminement est à nouveau aisé.	Enfin, les électrons sortent de la résistance. Ils sont à nouveau dans un métal offrant une bonne conductivité électrique. La structure interne de ce métal permet une circulation plus aisée.

Nous pouvons à la suite de cette comparaison établir une définition de la résistance électrique basée sur sa structure interne.

> Une résistance est un élément formé d'un matériau qui possède une résistivité électrique assez forte. Cet élément inséré dans un circuit rend la circulation du courant plus difficile.

Toutes sortes de résistances

Les résistances électriques sont utilisées dans plusieurs applications concrètes. De plus, elles se retrouvent sous différentes formes.

1. Les résistances des appareils électroniques (par exemple dans les appareils de radio ou de télévision). Elles sont généralement cylindriques et fabriquées avec du graphite (matériau très résistif).

2. Les éléments chauffants et les ampoules. Il s'agit d'un filament formé d'un métal faiblement conducteur et produisant une certaine luminosité (par exemple le tungstène).

3. Les autres formes de résistance. On range dans cette catégorie plusieurs types de résistances, par exemple, les fusibles. L'élément est alors formé d'un matériau pouvant s'échauffer fortement et même fondre si le courant qui le traverse excède une valeur limite.

En soudage, on rencontre aussi des résistances électriques. L'arc lui-même joue le rôle d'une résistance. Cela peut te paraître étrange puisque l'espace de l'arc ne contient pas de métal. Cependant, il y a une explication.... elle te sera présentée au thème 5.

Nous avons beaucoup parlé jusqu'à maintenant de conductivité électrique. Cette propriété caractérise tous les métaux. Cependant, il demeure une deuxième propriété étroitement liée à la première. Elle t'a été présentée dans le module d'acquisition 1. C'est la conductivité thermique. Pour savoir de quelle façon s'associent ces deux propriétés, nous t'invitons à lire le prochain module.

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

MODULE D'ACQUISITION 3
LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE

Nous avons déjà affirmé qu'il y a un lien étroit entre la conductivité électrique et la conductivité thermique. Tu te demandes peut-être la raison. Nous allons tenter dans ce module de te faire visualiser ce lien. Mais avant tout, voyons ce qu'est la conductivité thermique.

La progression de la chaleur dans un matériau

Depuis le début de ton cours, tu as eu l'occasion de travailler sur différents matériaux. Tu as peut-être remarqué que certains de ces matériaux devenaient chauds très rapidement, beaucoup plus rapidement que d'autres. Ces matériaux permettent donc à la chaleur de se propager plus facilement. On dit qu'ils ont une meilleure CONDUCTIVITÉ THERMIQUE.

Afin de bien comprendre le sens de ce terme, considère l'exemple suivant. Des louches (cuillères à soupe) sont placées dans un chaudron rempli de soupe bouillante. Si tu poses une main sur une des louches fabriquée en verre, tu t'aperçois qu'elle devient chaude graduellement mais lentement. Supposons que, au même moment, tu as posé l'autre main sur une louche fabriquée en fer. Tu t'aperçois que tu ne peux garder ta main longtemps sur cette louche. Elle est devenue brûlante très rapidement. La chaleur a donc progressé sur les deux louches mais de façon beaucoup plus aisée sur celle en fer. On dit que le fer a une bonne conductivité thermique et que le verre a une mauvaise conductivité thermique.

La conductivité thermique peut ainsi se résumer par la définition suivante.

> La CONDUCTIVITÉ THERMIQUE est la propriété qu'ont les matériaux de transmettre plus ou moins bien la chaleur.

Rappelle-toi un moment le module d'acquisition 2. Nous t'avions alors dit que le fer est un conducteur électrique moins efficace que certains autres métaux. Cependant, nous venons d'affirmer qu'il est très bon conducteur de chaleur. D'après cela, nous ne pouvons toujours pas voir de lien entre la conductivité électrique et la conductivité thermique. Cependant il est possible de découvrir ce lien en étudiant de quelle façon la chaleur se propage dans la structure interne d'un matériau.

Les catégories de matériaux

Plusieurs matériaux présentent des différences visibles en apparence. Par exemple, le cuivre est jaune et l'argent est gris. Le verre est transparent et le fer est opaque. Le plastique est lisse et le ciment est rugueux. Cependant, tous les matériaux présentent également des différences dans leur structure interne. Tu as pu comprendre cela grâce aux autres modules de ce thème. En quelques mots, tu sais maintenant qu'il existe deux grandes catégories de matériaux soit les MÉTAUX et les NON-MÉTAUX. La différence fondamentale entre ces deux catégories est que le phénomène de l'électron libre ne se produit que dans la première (les métaux). C'est ce qui explique pourquoi les métaux sont conducteurs électriques et les non-métaux non-conducteurs (ou isolants) électriques.

Cependant, ce phénomène de l'électron libre est également important pour expliquer la conduction de chaleur dans un matériau. C'est lui qui pourrait nous aider à trouver le lien entre les deux types de conductivité (électrique et thermique).

En fait, tous les matériaux conduisent la chaleur. Il est certain que, si tu chauffes l'extrémité d'un matériau, la chaleur se propagera jusqu'à l'autre extrémité. Ce que tu ne sais pas, c'est si cette chaleur se propagera LENTEMENT ou RAPIDEMENT.

Des expériences d'observations sur différents matériaux ont déjà permis de découvrir ce qui influence la vitesse de la conduction de chaleur.

Plusieurs métaux ont tout d'abord été observés. Tu sais que des électrons libres circulent dans un tel matériau. Ce sont eux qui transportent l'électricité. Ce que tu ne sais pas, c'est que ces électrons en profitent pour accomplir une seconde mission. En effet, au cours de leur cheminement, on a découvert que ces électrons captent des petites quantités de chaleur et les véhiculent de l'extrémité chaude à l'extrémité froide. La chaleur se propage ainsi de façon très rapide.

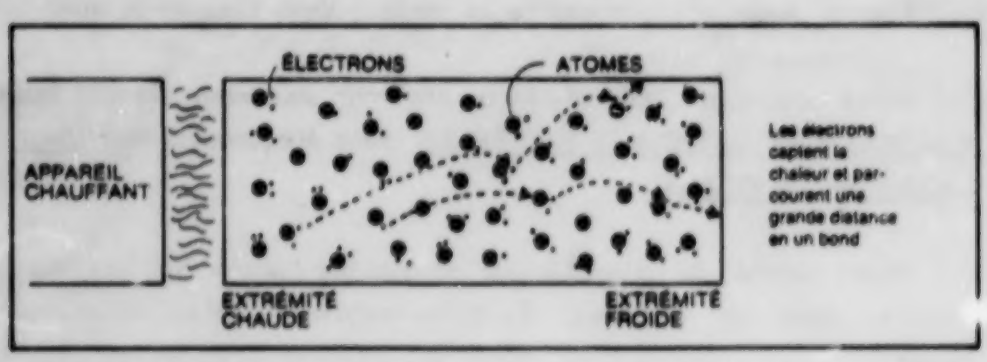


Fig. 1 Mode de transport de la chaleur dans les métaux.

C'est la raison pour laquelle les métaux ne sont pas seulement classés dans les CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES mais également dans les TRÈS BONS CONDUCTEURS THERMIQUES.

On a ensuite observé des non-métaux c'est-à-dire des matériaux composés d'atomes ne libérant pas d'électrons. Rappelle-toi que c'est ce phénomène qui explique pourquoi l'électricité ne peut être véhiculée dans un tel matériau. Pour ce qui est de la conduction de la chaleur, on s'est aperçu que celle-ci était transmise de façon très lente. Il n'y a plus d'électrons libres pour capter la chaleur et parcourir des grandes distances en un seul bond. Cette chaleur se transmet d'un atome à l'autre de façon graduelle jusqu'à l'autre bout du matériau.

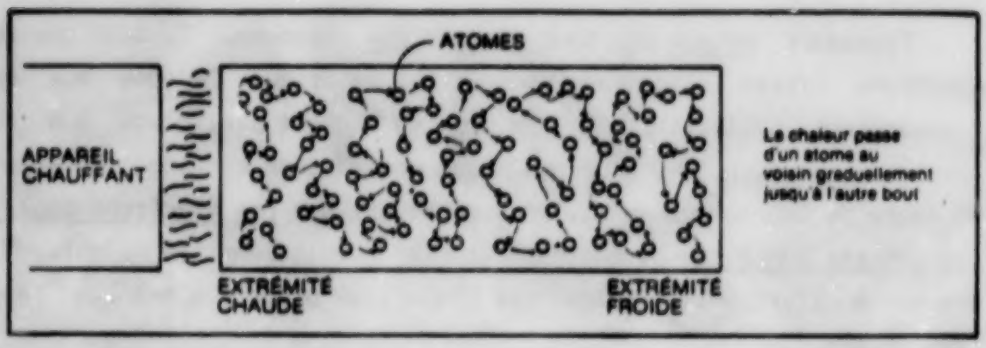


Fig. 2 Mode de transport de la chaleur dans les non-métaux.

Voilà pourquoi les non-métaux sont non seulement classés comme NON-CONDUCTEURS ou ISOLANTS ÉLECTRIQUES mais également comme MAUVAIS CONDUCTEURS THERMIQUES.

Nous venons de t'expliquer de quelles façons la chaleur se transmet dans un matériau. Tu as pu comprendre qu'il existe deux façons.

La chaleur peut se propager par l'entremise des électrons ou des atomes. La première façon est plus rapide que la deuxième.

Tu devrais maintenant mieux saisir le lien existant entre la conductivité électrique et la conductivité thermique.

Les matériaux présentant une certaine conductivité électrique offrent également une excellente conductivité thermique.

Les matériaux ne présentant pas de conductivité électrique offrent également une mauvaise conductivité thermique.

Le jeu des messages

Dans le but de rendre ta compréhension encore plus évidente et surtout de te faire visualiser les explications, nous te proposons une comparaison.

Imagine-toi faisant partie d'un groupe d'étudiants ayant la tâche suivante. Vous devez transférer des messages écrits sur des papiers d'une boîte à une autre. Vous vous disposez alors les uns à côté des autres de façon à former une "chaîne" entre la boîte remplie de messages et la boîte vide.

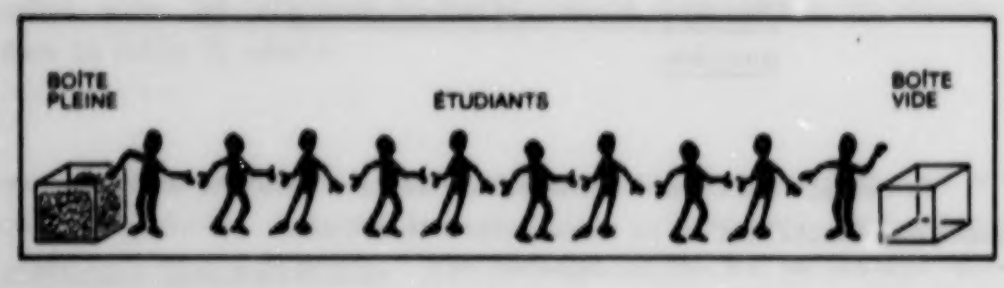


Fig. 3 Disposition des étudiants dans le jeu.

On vous accorde le droit d'utiliser deux méthodes pour assurer le transfert des petits papiers. Voici les deux méthodes permises.

Première méthode: "La méthode de la chaîne". Le premier étudiant situé à gauche prend un message dans la boîte pleine et le passe à son voisin de droite. Ce dernier fait la même chose et ainsi de suite. L'étudiant placé près de la boîte vide finit par recevoir le papier et le jette dans la boîte vide. Le processus se répète jusqu'à l'épuisement des messages dans la boîte de gauche.

Quel est le résultat obtenu si les étudiants utilisent cette méthode? Eh bien, les messages sont évidemment transférés. Le but est atteint. Cependant, ce processus est très lent. Il arrive même que des étudiants lisent les messages, le transfert est alors encore plus long. Voyons si le résultat sera le même avec la deuxième méthode permise.

Deuxième méthode: "La méthode du lancer". On met à la disposition de chaque étudiant une balle de baseball qu'il peut retirer de sa poche et utiliser de la façon suivante. Les élèves situés les plus à gauche près de la boîte pleine de messages font rouler leur balle vers celle-ci. L'étudiant le plus près de la boîte prend un message, le colle sur une des balles et lance celle-ci vers l'autre boîte.

S'il réussit à se rendre, le message est à destination. S'il ne réussit pas, un autre étudiant capte la balle et la relance jusqu'à la boîte vide. Le processus se répète jusqu'à l'épuisement des messages dans la boîte de gauche.

Quel est le résultat obtenu cette fois-ci? Les messages sont encore transportés à la destination voulue. Cependant, le transfert s'est fait très rapidement. Les messages collés aux balles ont parcouru une grande distance à la fois et n'ont pas eu à passer dans la main de chaque étudiant.

Une situation comparable

Est-ce que tu peux établir par toi-même le rapprochement entre ce jeu que nous te présentons et la matière théorique que nous avons détaillée au début de ce module? Te rappelles-tu le moment où nous avons parlé de deux méthodes possibles de transfert de chaleur dans un matériau? Ne vois-tu pas une ressemblance avec les deux méthodes de transfert des messages? Nous détaillons cette comparaison dans les prochaines lignes. Essaie de la compléter avec nous.

PAPIERS AVEC MESSAGES	PAQUETS DE CHALEUR
ÉTUDIANTS	ATOMES
BALLES	ÉLECTRONS

Fig. 4 Eléments comparés dans l'analogie.

Dans le jeu, nous parlons de transférer des _____ _____	Dans un matériau, nous parlons de transférer des _____ _____
Les messages peuvent être transférés d'un _____ à un autre de façon graduelle.	Les paquets de chaleur peuvent être transférés d'un _____ à un autre de façon graduelle.
Cependant, les étudiants peuvent également utiliser une _____ sur laquelle ils collent un papier. Celle-ci est lancée de façon à parcourir une grande distance en un seul coup.	Cependant, les métaux présentent la possibilité de libérer un _____ qui peut véhiculer des paquets de chaleur. Celui-ci voyage alors de façon à parcourir une grande distance en un seul bond.

Les figures 5 et 6 devraient t'aider à mieux visualiser la comparaison possible entre, d'une part, le cheminement des papiers avec messages dans le jeu et, d'autre part, le cheminement des paquets de chaleur dans le matériau.

Tu as appris que si les étudiants s'en tiennent à la première méthode (méthode de la chaîne), le transfert est lent.	Cette situation peut être comparée à ce qui se produit dans les non-métaux. Le transfert de chaleur est lent.

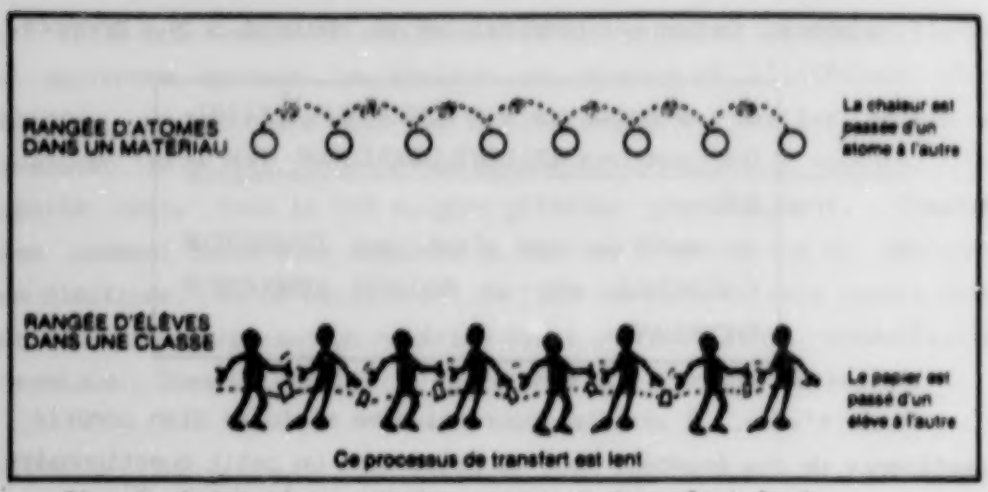


Fig. 5 Comparaison des deux modes de transfert lents.

Tu sais également que si les étudiants utilisent la deuxième méthode (méthode du lancer), le transfert est plus rapide.

Cette situation peut être comparée à ce qui se produit dans les métaux. Le transfert de chaleur est plus rapide.

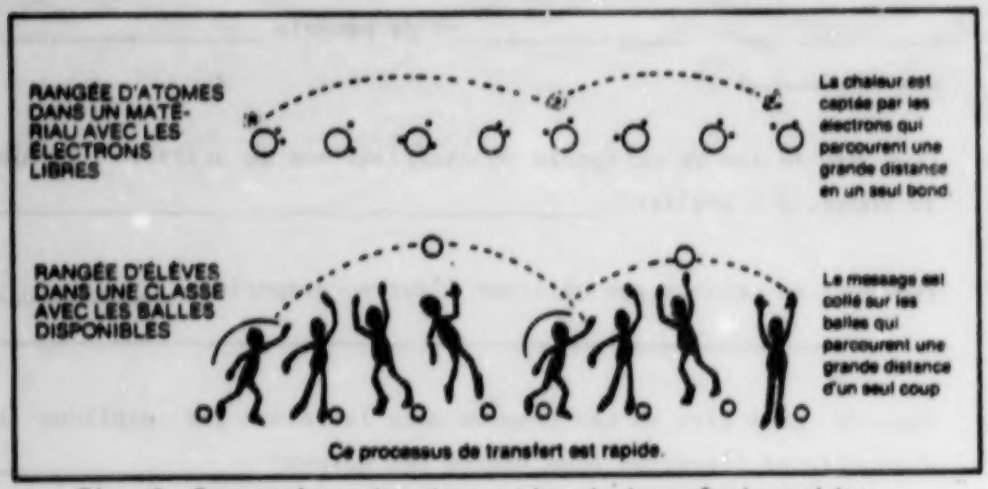


Fig. 6 Comparaison des deux modes de transfert rapides.

Finalement, toutes ces comparaisons se résument à deux énoncés.

> Un matériau qui est CONDUCTEUR ÉLECTRIQUE est un EXCELLENT CONDUCTEUR THERMIQUE.
> Un matériau qui n'est pas CONDUCTEUR ÉLECTRIQUE est un MAUVAIS CONDUCTEUR THERMIQUE.

Pour t'aider à vérifier pour toi-même si tu as bien compris la pertinence de ces énoncés, nous te présentons un petit questionnaire.

- *Place les mots "conducteurs", "isolants", "électriques", "thermiques" au bon endroit dans le texte.*

- *Il existe deux catégories de matériaux: ceux qui sont constitués d'atomes pouvant libérer des électrons, ils sont qualifiés de _____ _____ et de très bons _____ _____; ceux qui sont constitués d'atomes ne pouvant pas libérer des électrons, ils sont qualifiés _____ _____ et de mauvais _____ _____.*

- *Quel est le nom de catégorie de matériaux que tu utilises lorsque tu soudes à l'atelier?* _____

- *Pourquoi ne peux-tu pas utiliser l'autre catégorie?* _____
_____

- *Peux-tu nous dire en tes propres mots la raison qui explique la conductivité thermique plus élevée des métaux?* _____
_____

Voilà qui termine le module sur la conductivité thermique. Tu as pu apprendre comment la chaleur se propage à l'intérieur d'un matériau. La prochaine fois que tu iras souder à l'atelier, essaie de remarquer le cercle rouge-orangé autour de ton point de soudure. On appelle cette zone la ZAT ou zone affectée thermiquement. Observe bien comment cette zone augmente ou diminue à mesure que tu déplaces ton électrode. Si ce déplacement se fait rapidement, cela voudra dire que tu travailles sur un matériau ayant une excellente conductivité thermique. Observe ensuite la différence sur d'autres matériaux.

NOTES:

THÈME 4 - LES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

MODULE DE SYNTHÈSE

Avant de terminer le quatrième thème, nous te proposons une récapitulation. Tu pourras ainsi fixer davantage dans ta mémoire les notions apprises jusqu'à maintenant. La synthèse est divisée en parties bien distinctes pour t'aider à mieux retenir le contenu. Porte une attention spéciale aux encadrés.

Première partie - La structure interne d'un matériau

Rappelle-toi que, au départ, tu as vu ce qui forme la structure interne d'un matériau. Deux types de particules t'ont alors été présentés. Une toute petite partie d'un bloc de matériau contient à elle seule un nombre considérable de particules appelées ATOMES. Ces derniers contiennent à leur tour un noyau et d'autres particules encore plus petites. On les appelle ÉLECTRONS.

> La matière est constituée d'atomes.
> Les atomes contiennent des électrons.

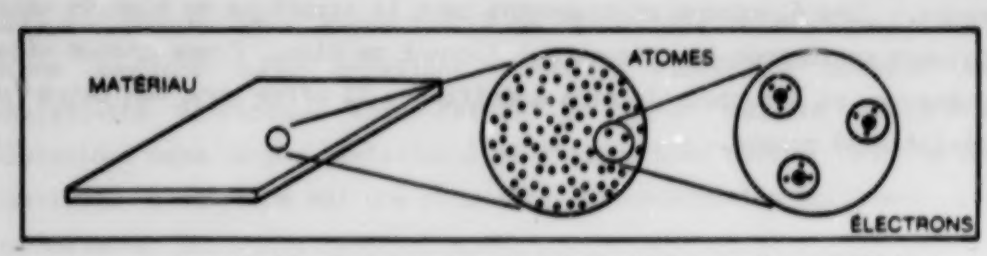


Fig. 1 Particules formant la structure interne d'un matériau.

Deuxième partie - La conductivité électrique

Te rappelles-tu la caractéristique principale de la structure interne d'un métal? C'est quelque chose qui ne se produit pas dans les non-métaux. Si tu penses au phénomène de l'électron libre, tu es raison de penser ainsi.

> Les électrons libres dans un métal sont les éléments qui véhiculent le courant électrique. Le voltage en action dans le circuit pousse ces électrons à circuler.

Comme un non-métal ne possède pas d'atomes pouvant libérer des électrons, il ne conduit donc pas l'électricité. C'est pourquoi tous les matériaux entrant dans cette classe sont appelés ISOLANTS ÉLECTRIQUES contrairement aux métaux qui, eux, sont appelés CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES.

Troisième partie - La résistivité électrique

Le module d'acquisition 2 t'a permis d'apprendre une nouvelle notion. C'est la résistivité électrique. Elle t'a aidé à comprendre pourquoi tous les métaux conduisent l'électricité à des niveaux différents. Les électrons en mouvement dans la structure du bloc de métal doivent contourner les atomes qui forment ce bloc. Comme chaque métal présente sa structure interne spécifique, il offre donc son degré de résistivité propre.

Les atomes constituant un métal agissent comme des obstacles à la circulation des électrons. Ce sont eux qui causent la résistivité électrique.

Il existe donc des métaux qui, tout en permettant la conduction de l'électricité, offrent tout de même une résistivité électrique forte. Le courant passe difficilement dans un tel métal. Ces métaux peuvent servir à fabriquer ce qu'on appelle des résistances électriques. Tu te rappelles la conséquence importante engendrée par l'utilisation d'une telle résistance. Le thème 2 te l'a démontrée. C'est une chute de voltage. Tout cela rejoint bien les explications de ce module. En effet, les électrons fournissent de nombreux efforts à cheminer parmi les atomes d'un métal. Ils gaspillent de l'énergie. Ils se retrouvent donc à un certain moment avec moins de force, moins de voltage.

La résistivité électrique beaucoup plus élevée au niveau d'une résistance électrique explique la différence de voltage se produisant de chaque côté de cette résistance. C'est le cas des appareils électriques.

Jusqu'à maintenant, nous nous sommes limités à la classe des métaux lorsque nous avons traité de résistivité électrique. Nous avons souligné qu'un excellent conducteur électrique possède une résistivité électrique très faible et qu'un mauvais conducteur électrique possède une résistivité électrique très forte. Mais la résistivité électrique est une propriété qui caractérise également les non-métaux.

Comme cette classe de matériaux ne permet pas la conduction du courant, tu devines facilement que la résistivité de ces matériaux est extrêmement forte. En vérité, elle est de loin beaucoup plus forte que la résistivité du métal le moins bon conducteur.

Quatrième partie - La conductivité thermique

Le dernier module du présent thème discutait de la conductivité thermique. Tu as appris que tous les matériaux conduisent la chaleur. Cependant, l'efficacité du transfert de la chaleur varie beaucoup selon qu'un matériau est conducteur électrique ou isolant électrique.

Dans les non-métaux ou isolants électriques, la chaleur se propage de façon lente. Ce sont les atomes voisins qui échangent des paquets de chaleur. Cette dernière est donc transférée graduellement et lentement de l'extrémité chaude à l'extrémité froide.

> Les non-métaux sont des isolants électriques et des conducteurs thermiques médiocres.

Dans les métaux ou conducteurs électriques, la chaleur se propage de façon rapide. Ce sont les électrons libérés par les atomes qui accélèrent le processus. Ils se déplacent par sauts en emportant avec eux des paquets de chaleur. Cette dernière est donc transférée rapidement de l'extrémité chaude à l'extrémité froide.

> Les métaux sont des conducteurs électriques et d'excellents conducteurs thermiques.

Dernière partie - La réponse à une question bien spéciale!

Au début du présent thème, nous t'avons posé une question bien particulière. Tu sais qu'un trou dans une conduite d'eau provoque une fuite. L'eau s'écoule vers l'extérieur du tuyau. Pourquoi un phénomène semblable ne se produit-il pas lorsqu'on coupe un fil électrique?

Tu devrais avoir été en mesure de répondre à cette question surtout après la lecture du module d'approfondissement 1. Tout d'abord, il faut préciser que les particules qui constituent le courant électrique ne sont qu'une infime partie de la matière du fil électrique. Rappelle-toi ce que nous avons vu sur la structure interne d'un métal. Le courant électrique est formé par quelques électrons libérés des atomes. Les atomes ne se déplacent pas. Il en est de même pour les électrons non libérés.

On peut comparer ce phénomène à de minuscules poussières éparpillées dans un courant d'eau. Ces poussières forment une très faible partie de la masse de l'eau. Elles se maintiennent en suspension mais n'ont pas la possibilité de sortir de l'eau par elles-mêmes. Encore ici ce dernier comportement nous fait penser à celui des électrons. Les électrons sont enfermés dans un fil métallique ou une plaque de métal et ne peuvent en sortir par leurs propres moyens.

Si l'on veut provoquer un courant électrique à l'extérieur du métal, il faut alors forcer les électrons de façon à les extraire hors de leur milieu naturel. C'est d'ailleurs ce qui se produit au niveau d'un arc électrique en soudage. Le courant circule alors dans l'air entre l'électrode et la pièce. Plusieurs conditions doivent cependant être respectées. Le thème 5 développe tout ce qui touche l'arc électrique.

NOTES:

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

FICHE D'INFORMATION

Problème abordé

Tu abordes maintenant la partie du circuit électrique qui te concerne le plus. En effet, ce dernier thème présente la matière relative à l'arc électrique qui constitue la troisième partie de ton circuit de soudage après la source et les conducteurs. Son étude complétera ton apprentissage des phénomènes électriques de base relativement à la technique du soudage à l'arc. Mais, plus important encore, elle te permettra de répondre à une question essentielle qui touche les conséquences engendrées par ton arc électrique.

Lorsque tu effectues une soudure en utilisant le courant continu, tu obtiens une distribution de chaleur inégale, soit environ les deux tiers à la borne positive et le reste à la borne négative. Tu sais très bien que, lorsque tu utilises le courant alternatif, la chaleur se distribue de façon égale. Pourquoi de tels phénomènes se produisent?

Lorsque tu modifies ta longueur d'arc en pleine opération de soudage, tu t'aperçois que les conditions sont modifiées. Par exemple, le niveau de fusion change. Qu'est-ce qui explique cela et quand as-tu avantage à faire de telles modifications?

Objectifs visés

OBJECTIF GÉNÉRAL
Identifier les phénomènes électriques qui peuvent expliquer la distribution de chaleur dans un arc de soudage.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES
- Définir ce qu'est un arc électrique et identifier les principales conditions nécessaires au maintien de cet arc. - Définir ce qu'est le plasma et identifier les particules en présence dans ce plasma. - Décrire le phénomène d'ionisation. - Indiquer la charge électrique des particules en présence dans l'arc. - Comparer le poids des particules en présence dans l'arc. - Définir le principe de déplacement des charges électriques entre les deux bornes de l'arc et illustrer les déplacements. - Distinguer les conséquences engendrées par ces déplacements. - Résoudre l'énigme de l'inégalité de la distribution de chaleur dans un arc en courant continu. - Expliquer pour quelle raison cette inégalité ne se produit pas dans un arc en courant alternatif. - Reconnaître qu'un arc peut être qualifié de résistance électrique variable et indiquer pour quelles raisons.

Démarche proposée

Que se produit-il dans le petit espace situé entre ton électrode et ta pièce? Avant de trouver la réponse par toi-même au fil de la lecture de ce thème, exécute une petite séance d'observation de ton arc tout en oubliant la soudure. Examine l'environnement de l'arc, le cercle de chaleur, le niveau de fusion par exemple. Le but du cahier, et plus particulièrement de ce thème, est d'améliorer ta compréhension face à tous les gestes que tu exécutes avec ton arc de soudage

Contenu du thème

Module d'introduction		211
Module d'acquisition 1:	le plasma	215
Module d'acquisition 2:	l'arc en courant continu	223
Module de clarification:	le sens réel du courant électrique	235
Module d'acquisition 3:	l'arc en courant alternatif	239
Module de prolongement:	l'arc, la résistance variable des soudeurs	247
Module de synthèse		253

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

MODULE D'INTRODUCTION

L'arc électrique et la foudre

Depuis le début de tes études, tu as souvent eu l'occasion de pratiquer la technique du soudage à l'arc en atelier. Tu as tout d'abord appris la façon d'amorcer un arc électrique. C'est par un contact bref de l'électrode avec la pièce que l'arc est créé. Ensuite, la source de courant entretient le tout de façon continuelle. Elle fournit une grande quantité d'énergie qui se concentre alors dans l'arc. Tu as remarqué que cet arc dégage non seulement beaucoup de chaleur mais également de la lumière. C'est la raison pour laquelle tes mains et tes yeux doivent être protégés.

Une chose à laquelle tu avais peut-être déjà pensé, c'est que l'arc électrique s'apparente à la foudre. En effet, lorsque le temps est chaud et humide en été, les nuages se chargent d'électricité. Il arrive un moment où ils ne peuvent plus porter toute cette électricité. Des éclairs jaillissent alors entre deux nuages ou entre un nuage et le sol. En fait, l'éclair résulte du courant électrique émanant d'un nuage vers un autre nuage ou vers le sol. Si l'éclair ne dure qu'un instant, c'est que le nuage se décharge. Il n'y a pas de source de courant pour l'alimenter. Mais l'éclair émet beaucoup de lumière tout comme un arc électrique. Lorsque tu en auras l'occasion, observe la couleur légèrement bleutée d'un éclair. Compare-la à celle de ton arc de soudage.

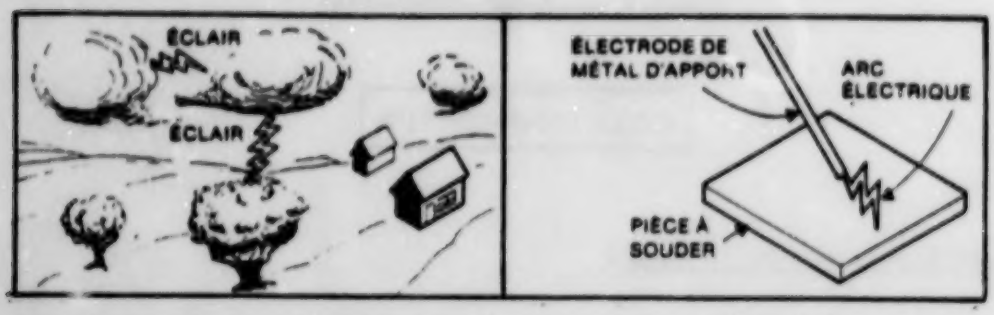


Fig. 1 Comparaison entre un éclair et un arc électrique.

Le maintien de l'arc électrique

Nous t'avons déjà dit pourquoi ton arc de soudage ne dure pas seulement un instant tout comme un éclair. Un courant électrique traverse de façon continuelle l'espace d'air entre les deux bornes de l'arc.

Comme tu le sais, tous les métaux sont conducteurs d'électricité. Un arc peut ainsi être créé entre deux morceaux de métal quelconque. Effectivement, la définition d'un arc électrique telle que présentée dans un dictionnaire est la suivante.

> Un arc électrique est un éclair lumineux permanent créé entre deux électrodes parcourues par un courant électrique et dégageant une chaleur intense.

Ainsi, dans les prochaines pages, nous utiliserons deux petites tiges de métal dans nos schémas d'un arc électrique. Elles représenteront les deux électrodes de notre définition.

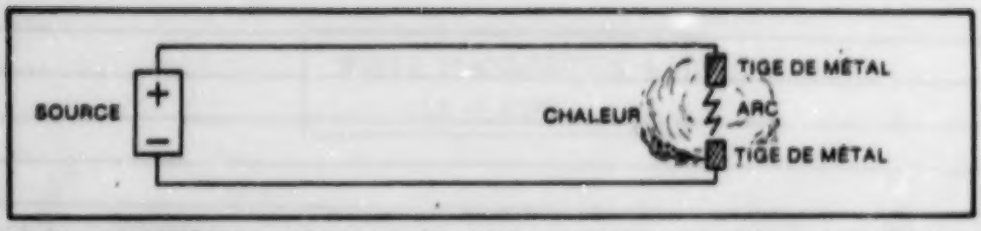


Fig. 2 Création d'un arc électrique entre deux tiges de métal ou électrodes.

La figure 2 schématise bien la définition générale d'un arc électrique. A partir de maintenant, concentre ton attention sur l'environnement bien spécifique de l'arc et de ses deux bornes (électrodes). Car, vois-tu, dans les prochains modules, nous te ferons faire un "voyage imaginaire dans cet arc électrique mystérieux". Tu auras l'occasion de visualiser la grande activité régnant entre les deux électrodes et de mieux comprendre le pourquoi de ce phénomène. Nous pourrons finalement répondre ensemble à une question qui embarrasse de nombreux soudeurs soit "Pourquoi une électrode chauffe-t-elle plus que l'autre lors du soudage en courant continu?

ACTIVITÉ

- *Est-ce que tu t'es déjà demandé d'où vient l'appellation "ARC"? Lors d'un exercice de soudage à l'atelier, observe attentivement l'arc électrique quand tu éloignes quelque peu l'électrode de ta pièce. La zone lumineuse prend alors une forme légèrement courbée ou en d'autres mots <u>la forme d'un arc</u>.*

NOTES:

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 1
LE PLASMA

Qu'est-ce que le plasma?

Lorsque tu effectues une opération de soudage à l'arc électrique, tu provoques inconsciemment de nombreux phénomènes dans le petit espace occupé par l'arc. En réalité, il y règne une grande activité invisible à l'oeil nu. Il faut tout d'abord comprendre qu'il y a un gaz situé entre les deux électrodes. Celui-ci est stimulé par la chaleur en présence. Tu sais que cette chaleur est apportée par le courant électrique. Le gaz se comporte alors de façon bien différente. On l'appelle à ce moment un PLASMA. En d'autres mots, le plasma, c'est un gaz très chaud dans un milieu électrique. Poursuis ta lecture si tu veux bien comprendre ce que nous voulons dire ici.

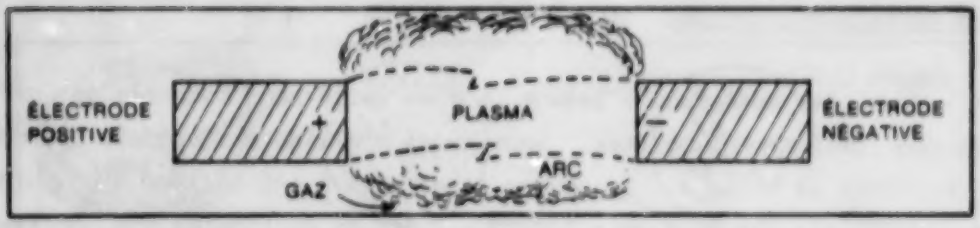


Fig. 1 Espace de l'arc: présence du plasma.

L'air: un gaz?

Nous sommes souvent portés à croire que tous les gaz sont dangereux pour la santé. Certaines personnes pensent que tous les gaz n'ont pas une bonne odeur. Eh bien, ce n'est pas le cas! En effet, l'air est non seulement inodore (n'a pas d'odeur), mais il est également incolore (n'a pas de couleur) et transparent (on voit au travers). De plus, il est essentiel à notre survie puisqu'il nous permet de respirer. C'est ce gaz qui est situé entre les deux bornes de l'arc électrique lorsque tu soudes.

Son analyse permet d'apprendre qu'il est composé d'azote et d'oxygène. Il contient également quelques autres gaz en petite quantité comme le néon et l'argon. Ainsi, l'air n'est pas un gaz mais un mélange de gaz. Tout cela est bel et bien présent entre ton électrode de métal d'apport et ta pièce à souder. Imaginons un moment être capables d'examiner ces gaz à l'aide d'un microscope superpuissant. On verrait qu'ils sont formés de PARTICULES. Celles-ci sont tellement minuscules qu'on ne peut les voir.

Les particules d'un gaz

Tous les matériaux existant sur la terre sont composés de particules extrêmement petites. Nous avons d'ailleurs introduit ces notions dans le thème 4. Un voyage imaginaire à l'intérieur d'un bloc de métal t'avait fait voir les deux types de particules s'y retrouvant. Ce sont les ATOMES et les ÉLECTRONS. Il est important de comprendre ici que cette structure n'existe pas seulement dans les matières solides, mais également dans les matières liquides et gazeuses.

Un gaz est donc constitué de particules appelées ATOMES. Supposes un moment que le gaz est visible. Observons ensemble un nuage de ce gaz. Il faut alors des milliards d'atomes pour former une petite section de ce nuage.

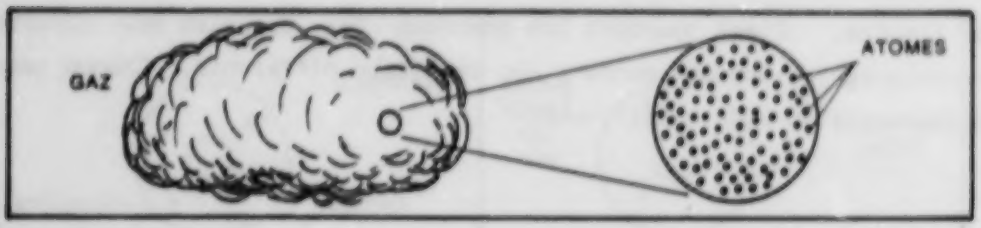


Fig. 2 Particules qui forment le gaz: les atomes.

Ces atomes contiennent à leur tour d'autres particules. En fait, les atomes d'un nuage de gaz ont un point commun avec les atomes d'un bloc de métal. Ils contiennent des ÉLECTRONS. Tu peux relire le module d'introduction du thème 4 si tu le désires. Les deux types de particules dont nous traitons ici sont présentés. Tu pourras ainsi t'assurer de la concordance qui existe entre les deux types de matières.

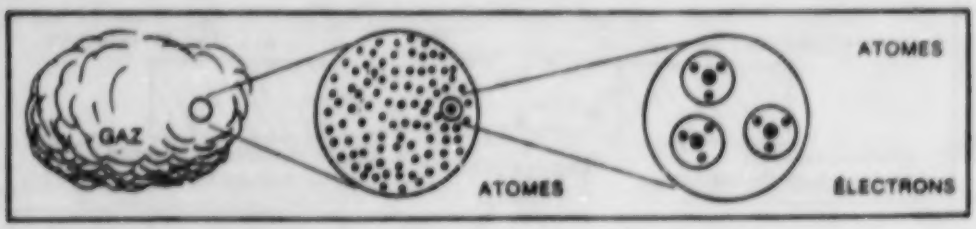


Fig. 3 Particules présentes dans les atomes: les électrons.

UN GAZ EST FORMÉ D'ATOMES
LES ATOMES CONTIENNENT DES ÉLECTRONS.

Tu connais maintenant les particules présentes dans un gaz. Bien entendu, elles ne se comporteront pas toutes de la même façon d'un gaz à l'autre. C'est pourquoi les nombreux gaz associés aux diverses techniques de soudage donnent des résultats différents. Chaque gaz a des propriétés bien spécifiques.

Le phénomène d'ionisation

Les différentes particules que nous venons de te présenter sont soumises à un traitement spécial. En effet, le gaz présent entre les deux électrodes est influencé par la grande quantité de chaleur en présence. Les électrons des atomes sont alors stimulés. Ils tentent de s'en séparer et de circuler librement. Ce phénomène est appelé IONISATION. C'est un sujet qui a été également traité dans le thème 4. Nous y avons vu qu'un certain désordre est créé à cause de la liberté de mouvement des particules.

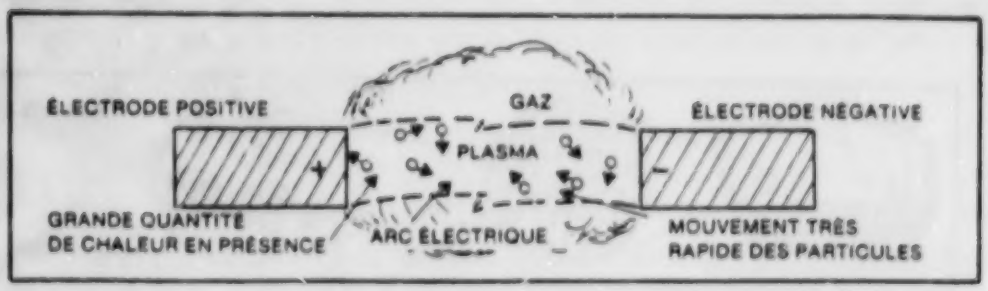


Fig. 4 Grande activité au niveau de l'arc.

Ainsi le phénomène d'ionisation se produit au niveau du plasma. On voit alors des électrons s'échapper des atomes. Un nouveau nom est attribué à l'atome ayant libéré un électron. On dit qu'il devient un ION. La figure 5 schématise le processus d'ionisation.

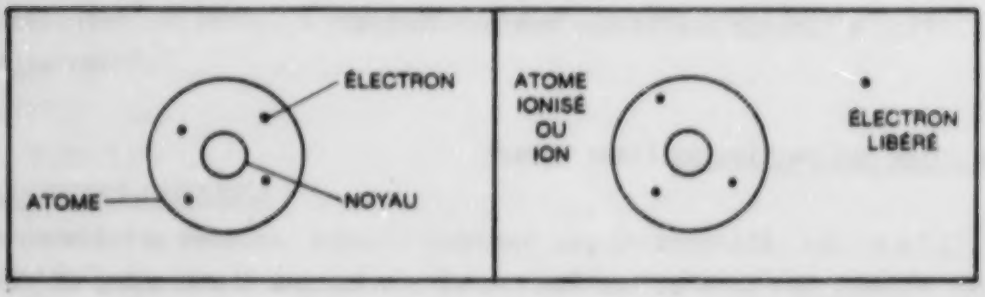


Fig. 5 Processus d'ionisation.

La charge électrique des particules

Une des conséquences entraînée par l'ionisation est le débelancement électrique. En effet, un atome dans un gaz possède autant de charges électriques positives que de charges électrique négatives. On dit qu'il est ÉLECTRIQUEMENT NEUTRE.

Après l'ionisation, le gaz du plasma contient des ÉLECTRONS qui sont CHARGÉS NÉGATIVEMENT et des IONS qui sont CHARGÉS POSITIVEMENT. Ces propriétés de charges électriques sont importantes pour la compréhension des phénomènes dans l'arc. Essaie de les retenir. Pour t'aider, voici une figure qui résume le tout.

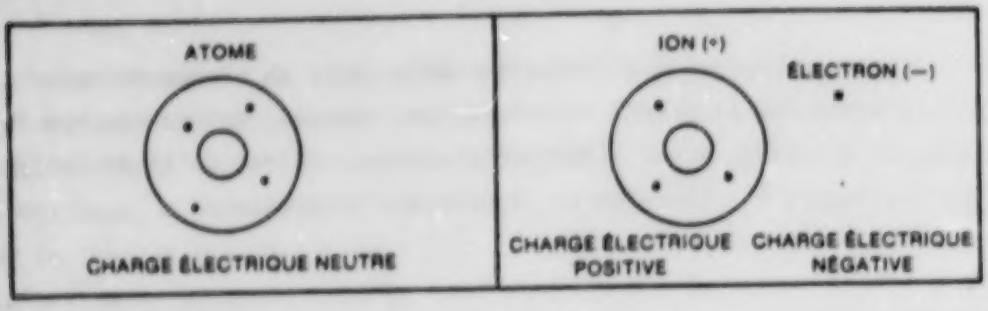


Fig. 6 Charge électrique des particules.

Le poids des particules (leur masse)

Tous les éléments du gaz que nous t'avons exposés précédemment (les atomes, les ions et les électrons) ont également une autre différence entre eux. C'est celle concernant leur poids et elle est importante.

En effet, si tu te souviens de notre schéma, l'électron est beaucoup plus petit que l'atome ou l'ion. En bien, dis-toi que la différence concernant leur poids est encore beaucoup plus grande. C'est comme si l'on comparait le poids d'une personne au poids d'une plume. Les atomes et ions sont lourds tandis que les électrons sont légers.

En résumé, les particules en mouvement dans le plasma ont des caractéristiques bien spécifiques. Les points à retenir se situent au niveau de la charge électrique et du poids de ces particules.

LES ATOMES:	ils ont une charge électrique NEUTRE. ils sont LOURDS.
LES IONS:	ils ont une charge électrique POSITIVE. ils sont LOURDS.
LES ÉLECTRONS:	ils ont une charge électrique NÉGATIVE. ils sont LÉGERS.

Connaissant les propriétés des particules du plasma, tu peux maintenant te familiariser avec le mouvement de ces particules. Ces notions sont essentielles pour bien comprendre le phénomène de l'arc électrique. Nous pouvons donc aborder le problème de la distribution de la chaleur aux deux électrodes. Tu sais que cette distribution est inégale en courant continu. Les modules d'acquisition 2 et 3 te présentent en détail l'arc électrique en courant continu et en courant alternatif.

QUESTIONS-SYNTHÈSES

- *Un gaz stimulé par un arc électrique entre deux électrodes se nomme* _____.

- *Le phénomène de libération d'un électron par les atomes d'un gaz se nomme* _____.

- *Concernant les différences existant entre les diverses particules du plasma, peux-tu remplir le tableau suivant?*

PARTICULE	*CHARGE ÉLECTRIQUE*	*POIDS*
atome		
ion		
électron		

NOTES:

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 2
L'ARC EN COURANT CONTINU

Le soudage en courant continu

Lorsque tu réalises des soudures en atelier, tu utilises fréquemment le courant continu pour alimenter ton arc. Un des avantages présenté par ce type de courant est de permettre un certain choix dans la distribution de chaleur s'établissant de chaque côté de l'arc. Tu sais que la borne positive reçoit une quantité de chaleur plus élevée que la borne négative. Tu peux alors décider de l'endroit où cette chaleur sera transmise: à ton électrode de métal d'apport ou à ta pièce à souder. C'est à ce moment que tu fixes ce qu'on appelle la polarité de soudage: polarité normale ou polarité inversée. (voir thème 1 - module d'acquisition 2).

Ainsi un arc en courant continu est produit entre deux bornes possédant des polarités différentes. Une électrode possède la polarité POSITIVE et l'autre électrode possède la polarité NÉGATIVE. Nous avons déjà vu tout ce qui se retrouve entre ces deux électrodes. C'est le PLASMA. Les deux premiers modules ont détaillé cette matière. Faisons cependant un bref rappel.

1. L'ARC ÉLECTRIQUE EST GÉNÉRÉ DANS UN PLASMA TRAVERSÉ PAR UN COURANT ÉLECTRIQUE.

2. LE PLASMA EST UN GAZ TRÈS CHAUD (généralement de l'air) QUI SUBIT UN PHÉNOMÈNE D'IONISATION.

3. LES ATOMES DU GAZ EN S'IONISANT DEVIENNENT DES IONS CHARGÉS POSITIVEMENT. ILS LIBÈRENT CHACUN UN ÉLECTRON CHARGÉ NÉGATIVEMENT.
4. LES IONS SONT PLUS LOURDS QUE LES ÉLECTRONS.

Le mouvement des particules dans le plasma

Le comportement des particules en présence dans le plasma peut t'aider à comprendre ce qui se produit dans un arc en courant continu. Nous venons de voir que le phénomène d'ionisation entraîne un débalancement électrique. Les particules ne sont plus électriquement neutres. Prends note du principe suivant. Lorsqu'une particule devient chargée électriquement, elle a tendance à se déplacer. C'est une force électrique qui entre en jeu et la pousse dans une direction précise.

Cette direction dans laquelle toutes les particules voyagent est facile à retenir. Il faut se baser sur la règle suivante.

Les charges de même signe se repoussent.
Les charges de signe différent s'attirent.

Qu'est-ce que cela veut dire? Réfléchis bien! Le schéma de l'arc électrique montre des particules voyageant entre deux électrodes. (figure 4 du module précédent). Ces électrodes sont chargées électriquement. L'une d'elles est positive, l'autre est négative. De plus, nous t'avons déjà dit que les particules deviennent chargées électriquement. Les ions sont positifs et les électrons négatifs. Comme les charges de signe différent s'attirent, les ions positifs seront portés à aller vers l'électrode négative. De la même façon, les électrons négatifs seront attirés par l'électrode positive.

LES IONS ont une charge électrique POSITIVE. Ils sont repoussés par l'électrode POSITIVE et attirés par l'électrode NÉGATIVE.

LES ÉLECTRONS ont une charge électrique NÉGATIVE. Ils sont repoussés par l'électrode NÉGATIVE et attirés par l'électrode POSITIVE.

Il serait bon de représenter ces déplacements dans le schéma de l'arc électrique. Tu pourrais ainsi mieux visualiser ce qui s'y produit. Examine attentivement la figure 1.

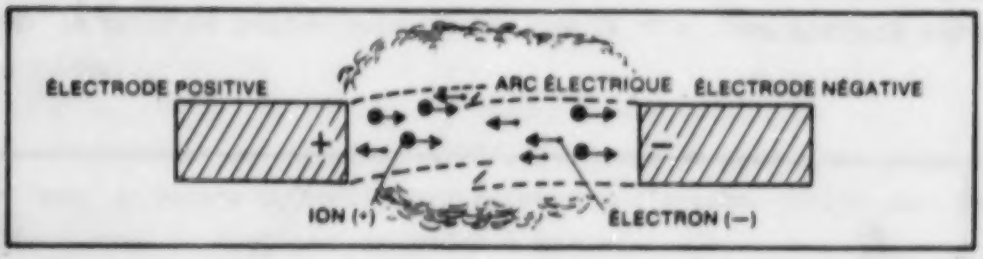


Fig. 1 Mouvement des particules entre les deux électrodes.

Un jeu imaginaire

Ce que tu viens d'apprendre peut sembler complexe à première vue. Cependant, dis-toi que les différentes particules déjà présentées sont réellement en place dans le petit espace qu'est l'arc électrique. Ces particules sont en mouvement entre ton électrode de métal d'apport et ta pièce à souder. C'est un monde microscopique où de nombreux phénomènes se produisent.

Dans le but de mieux comprendre ces phénomènes, nous te présentons maintenant un jeu que nous avons inventé. Un rapprochement peut être fait entre ce jeu imaginaire et la réalité de l'arc électrique.

Nous détaillons dans les prochaines pages les règles de ce jeu ainsi que les conséquences finales qui y sont apportées. Parallèlement, nous répétons les explications concernant l'arc électrique.

Présentation du jeu

Ce jeu très spécial s'intitule: "LA COURSE AUX PLUMES D'OISEAUX. Pour bien le comprendre, il faut que tu t'imagines être un minuscule bonhomme. Tu seras ainsi à la bonne grandeur par rapport à notre jeu. Nous comparons les dimensions du terrain de ce jeu aux dimensions de l'arc électrique.

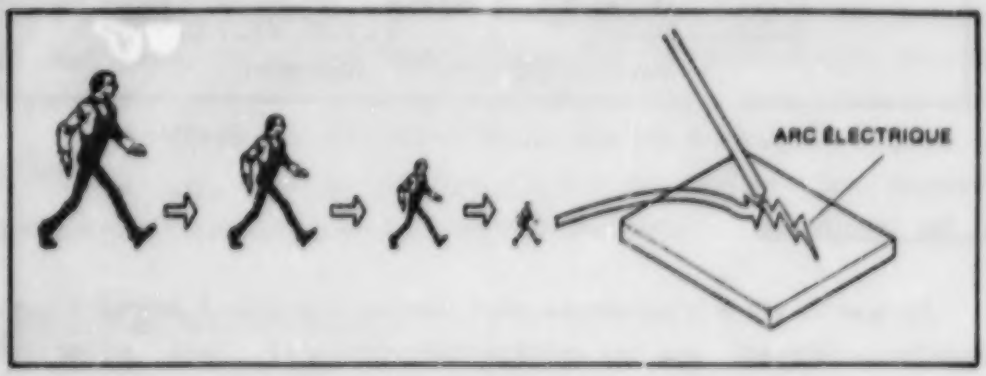


Fig. 2 Randonnée imaginaire dans l'arc électrique.

Nous avons un terrain qui est beaucoup plus long que large. On place une table à chaque extrémité de ce terrain. Sur la table de droite, nous déposons un tas de plumes d'oiseaux. La table de gauche est vide.

Voici un schéma du jeu pour que tu comprennes les différentes règles.

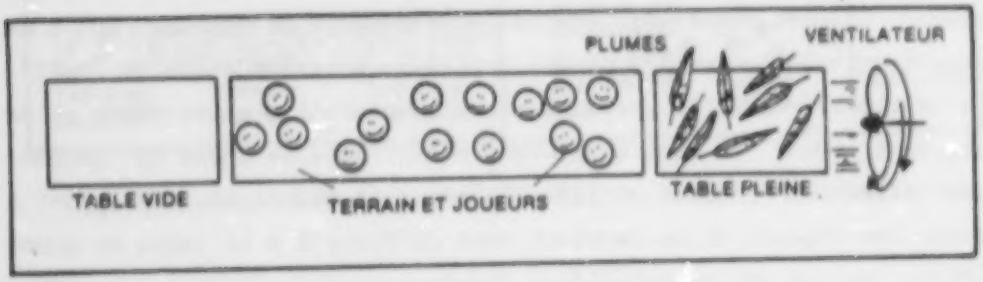


Fig. 3 Description physique du jeu (vue de haut).

Règles du jeu

Les règles du jeu sont les mêmes pour chaque joueur. Il doit aller chercher une plume sur la table de droite et revenir la porter sur la table de gauche, puis recommencer le même cheminement et ainsi de suite...

Cependant, au signal de DÉPART, une surprise attend nos joueurs. On met en marche un ventilateur puissant à l'extrême droite du jeu créant ainsi un fort vent de droite à gauche.

Selon toi, que se passera-t-il? Que feront les joueurs? Qu'arrivera-t-il aux plumes? Essaie de deviner.

Conséquences sur les joueurs

Si tu es convaincu que les joueurs auront de la difficulté à se rendre à leur destination, tu as raison de penser ainsi. En effet, certains joueurs avancent vers la droite quérir une plume alors que d'autres vont vers la gauche déposer une plume. Le terrain étant long et étroit, ils se bousculent entre eux. Par conséquent, ils ont beaucoup de difficulté à avancer en ligne droite.

Conséquences sur les plumes

Une autre chose que tu as dû remarquer est la position du ventilateur. Il est situé derrière la table remplie de plumes. Tu t'es sûrement dit: "Toutes les plumes vont être entraînées par le vent". Cela est vrai! En effet, les plumes s'envoleront d'elles-mêmes et se dirigeront (dans le sens du courant d'air) vers la table de gauche. Comme elles sont petites et très légères, ces plumes se faufileront à travers les joueurs et se rendront sans difficulté à la table en question.

Enfin, tu as dû conclure que très peu de joueurs réussiront à rapporter dans leurs mains une plume sur la table de gauche.

En résumé, le but du jeu est atteint mais de façon surprenante. Les plumes atteignent effectivement la table de gauche mais cela sans l'aide des joueurs. En réalité, ces derniers ne font guère plus que de se bousculer entre eux.

Un rapprochement avec l'arc électrique

Tu connais maintenant le déroulement prévisible du jeu ainsi que le résultat final qu'il entraîne. Il serait donc temps de faire le rapprochement avec l'arc électrique tel que nous l'avons mentionné précédemment.

Nous allons dessiner à nouveau le schéma de notre jeu imaginaire ainsi que le schéma de l'arc électrique. Compare bien ces deux schémas et lis attentivement les comparaisons citées.

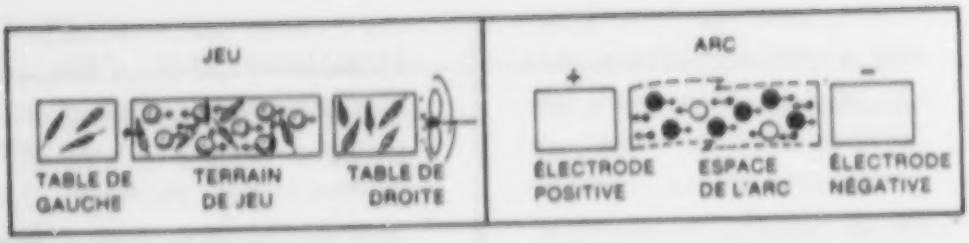


Fig. 4 Comparaison entre le jeu imaginaire et l'arc électrique.

Nous comparons les joueurs qui pratiquent le jeu sur le terrain aux particules lourdes qui voyagent dans l'arc, soit les atomes et les ions. Les plumes d'oiseaux sont ensuite comparées aux particules légères qui voyagent dans l'arc, soit les électrons.

JOUEURS --► ATOMES OU IONS
PLUMES --► ÉLECTRONS

Comparaison entre les éléments lourds

Le joueur sans plume doit se diriger vers la droite. C'est la règle du jeu: aller chercher une plume sur la table de droite.

Cependant, très peu de ces joueurs se rendent à droite. Il ne faut pas oublier qu'ils ont très peu de place pour passer (le terrain étant beaucoup plus long que large). Ils se bousculent entre eux et n'avancent que très lentement.

Pareillement dans l'arc, l'ion doit se diriger vers la droite. En effet, un ion a une charge positive. Il est donc attiré par l'électrode négative située à droite.

Pareillement dans l'arc, très peu d'ions se rendent à droite. Encore ici, une très grande activité règne de façon à rendre plus difficile le mouvement des particules plus grosses ou plus lourdes. Nous parlons ici des atomes et des ions. Leur avance est donc pénible et ils ont tendance à s'entrechoquer ensemble.

Comparaison entre les éléments légers

Les plumes se dirigent vers la gauche. Elles sont entraînés par la force du vent créée par le ventilateur.

Pareillement dans l'arc, les électrons se dirigent vers la gauche. Ceux-ci ont une charge électrique négative. Ils se dirigent donc vers l'électrode positive située à gauche.

Une grande quantité de plumes peut se rendre à gauche. Étant plus petites et plus légère que les joueurs, elles se faufilent aisément à travers ceux-ci.

Pareillement dans l'arc, une grande quantité d'électrons peut se rendre à gauche. Étant plus petits et plus légers que les ions et les atomes, ils se faufilent aisément à travers ceux-ci.

Toute la comparaison se résume à ce qui suit.

ÉLÉMENTS EN PLACE DANS LE JEU	ÉLÉMENTS EN PLACE DANS L'ARC
Nous avons des joueurs sans plumes, des plumes et des joueurs avec plumes.	Nous avons des ions, des électrons et des atomes.

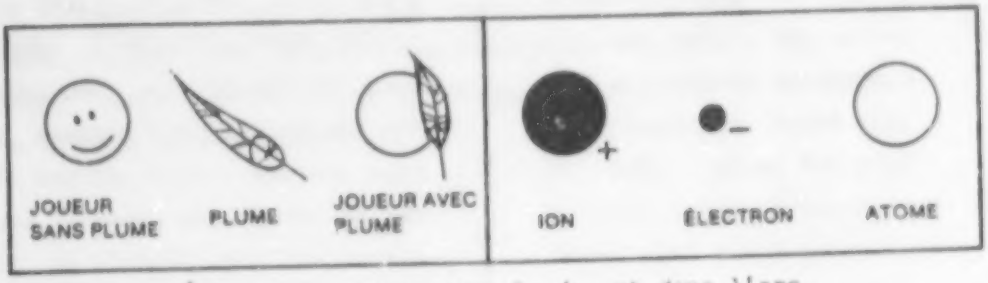


Fig. 5 Éléments en place dans le jeu et dans l'arc.

RÉSULTAT FINAL DANS LE JEU	RÉSULTAT FINAL DANS L'ARC
TRÈS PEU DE JOUEURS SANS PLUMES SE RENDENT À DROITE	TRÈS PEU D'IONS SE RENDENT À DROITE
BEAUCOUP DE PLUMES SE RENDENT À GAUCHE	BEAUCOUP D'ÉLECTRONS SE RENDENT À GAUCHE

Tu te poses peut-être la question "pourquoi ne parle-t-on pas des joueurs qui ont réussi à apporter une plume sur la table de gauche?" Il est évident que très peu de joueurs réussiront cet exploit. Les conditions assez spéciales du jeu rendent très ardue la récupération d'une plume par un joueur. De même dans l'arc électrique, certains ions réussissent à récupérer un électron pour redevenir des atomes. Ils sont cependant très peu nombreux. N'insistons donc pas plus sur le sujet.

Ce qu'il est essentiel de retenir touche le nombre d'ions ou d'électrons arrivant aux électrodes. C'est ce phénomène qui explique la fameuse énigme: "POURQUOI PLUS DE CHALEUR À LA BORNE POSITIVE QU'À LA BORNE NÉGATIVE?"

La distribution de chaleur

Tu sais déjà qu'il y a une grande activité entre les deux électrodes. Nous t'avons parlé des nombreuses collisions entre ions et atomes. Cela est dû à leur grosseur, à leur poids et au courant en sens inverse de leur marche.

Tout ce remue-ménage crée de la chaleur. C'est comme si on imaginait dans notre jeu une augmentation de la quantité de chaleur sur le terrain. Elle pourrait être provoquée par les collisions entre joueurs et les efforts de ceux-ci pour avancer en ligne droite.

Enfin, tu as vu que beaucoup d'électrons se rendaient à gauche. Mais dans leur route, ils captent un peu de cette chaleur présente au centre de l'arc. Ainsi, chacun des électrons apporte avec lui une petite quantité de chaleur à l'extrémité gauche c'est-à-dire à l'ÉLECTRODE POSITIVE.

Tu as également constaté que très peu d'ions se rendaient à droite. Eux aussi captent de la chaleur en cours de route. Comme ils se rendent peu nombreux, ils apportent moins de chaleur à l'ÉLECTRODE NÉGATIVE.

TOUTES LES PARTICULES PRÉSENTES DANS L'ARC ÉLECTRIQUE CAPTENT DE LA CHALEUR EN COURS DE ROUTE VERS LES ÉLECTRODES POSITIVE ET NÉGATIVE.

COMME IL Y A PEU D'IONS QUI APPORTENT DE LA CHALEUR À DROITE, IL Y AURA ENVIRON LE TIERS DE LA CHALEUR À L'ÉLECTRODE NÉGATIVE.

COMME IL Y A BEAUCOUP D'ÉLECTRONS QUI APPORTENT DE LA CHALEUR À GAUCHE, IL Y AURA ENVIRON LE DEUX TIERS DE LA CHALEUR À L'ÉLECTRODE POSITIVE.

Voilà donc la solution à cette fameuse énigme de la distribution de chaleur inégale. L'électrode positive est toujours plus chaude lors du soudage à l'arc en courant continu. Cette particularité offrira différents avantages. Pour n'en nommer qu'un, l'électrode de métal d'apport "branchée" à la borne positive permettra une soudure plus localisée. La pointe de l'arc se voit attribuer les deux tiers de la chaleur comparativement à la pièce à souder qui reçoit le tiers de la chaleur. Ainsi, cette pièce n'entre pas trop rapidement en fusion de façon globale. C'est le point de soudure qui provoque cette fusion graduelle.

Voilà qui termine ce module sur l'arc électrique en courant continu. Un autre module se chargera de détailler l'arc en courant alternatif. Tu sais que l'inégalité dans la distribution de chaleur ne se retrouve pas dans ce cas. Nous t'expliquerons alors le pourquoi.

Comme plusieurs notions ont été vues dans ce module, récapitulons le tout à l'aide d'un petit questionnaire.

- *Quelles sont les trois particules présentes dans l'arc électrique?*

  _____

- *Quelle est la charge électrique de chacune de ces particules?*

  _____

- *Quelle est la règle à retenir concernant la répulsion ou l'attirance des charges?* _____

  _____

- *Les ions sont attirés par l'électrode* _____ *tandis que les électrons se dirigent vers l'électrode* _____.

- *Pourquoi l'électrode positive obtient-elle les deux tiers de la chaleur?* _____

  _____

Avant de passer au module sur l'arc en courant alternatif, nous te proposons une petite lecture sur le sens de circulation du courant électrique. En effet, on utilise souvent dans l'enseignement la convention suivante: "Le courant circule du positif au négatif". Cependant, nous avons parlé dans ce module des électrons se dirigeant de l'électrode négative à l'électrode positive. Lors du thème précédent (module d'approfondissement 1), nous avons parlé des électrons qui forment le courant électrique. Il semble donc y avoir une contradiction. Dans le but d'effacer celle-ci, nous te conseillons la lecture du prochain module.

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

MODULE DE CLARIFICATION
LE SENS DU COURANT ÉLECTRIQUE

Une confusion possible!

L'étude de l'arc électrique t'a permis jusqu'à maintenant de visualiser le mouvement des particules en jeu dans le plasma. Tu as appris que des IONS se déplacent du positif au négatif et que des électrons se déplacent du négatif au positif. Cependant tes nouvelles connaissances peuvent créer un questionnement. Comment concilier ces faits avec la convention acceptée de tous sur le sens de la circulation du courant électrique? Rappelle-toi le thème 1. On affirmait alors ce qui suit.

> Le sens conventionnel du courant est de la borne positive à la borne négative.

De plus, le thème 4 t'a fait clairement comprendre qu'un courant électrique dans un fil est formé D'ÉLECTRONS. Dans le but d'éliminer la contradiction qui pourrait s'installer ici, voyons une situation simple et concrète qui se rapproche de celle que nous examinons.

Un problème de peinture grise!

Imagine deux peintres qui désirent fabriquer de la peinture grise à partir d'un pot de peinture blanche et d'un pot de peinture noire.

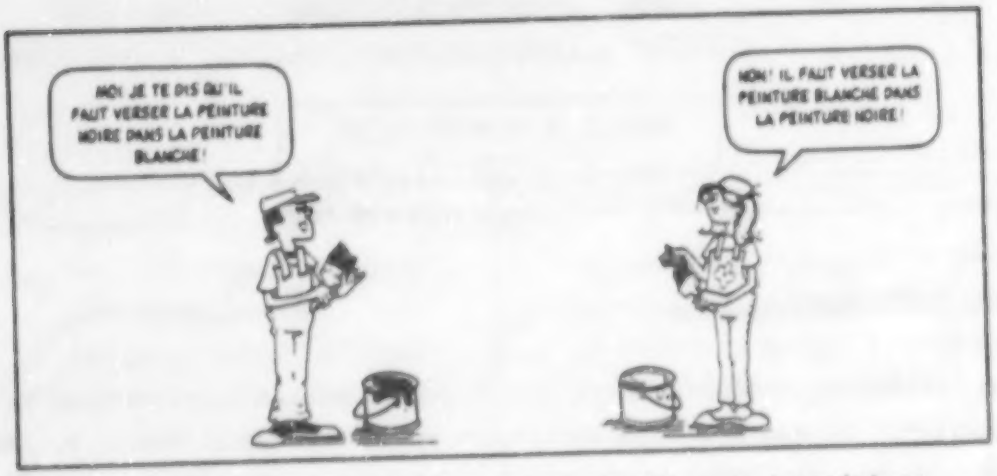


Fig. 1 Deux peintres discutent comment faire de la peinture grise.

Evidemment, tu connais la solution! Tu sais que l'on peut verser un pot dans l'autre sans devoir choisir la couleur de la peinture qui sera transvidée. En fait, ajouter du noir dans du blanc est équivalent à ajouter du blanc dans du noir. Dans les deux cas, le mélange donne du gris. Nos deux peintres s'entendent alors sur une convention: il faudra verser la peinture blanche dans la peinture noire. En d'autres mots, la peinture blanche s'écoulera vers la peinture noire.

Le courant électrique

Le problème simple de la peinture ressemble assez bien à celui du sens de la circulation du courant électrique. Pour effectuer le rapprochement, associons les charges électriques positives à la peinture blanche et les charges électriques négatives à la peinture noire.

Nous présentons ici la comparaison. Elle te permettra de mieux comprendre la question du sens du courant électrique.

LA PEINTURE GRISE	LE COURANT ÉLECTRIQUE
Pour produire de la peinture grise, on peut soit verser la peinture blanche dans la peinture noire, soit verser la peinture noire dans la peinture blanche.	Les effets électriques du courant peuvent se comprendre en considérant que les charges positives vont du positif au négatif ou encore que les charges négatives vont du négatif au positif.
Les peintres adoptent une convention: la peinture blanche est versée dans la peinture noire.	Les scientifiques adoptent une convention: le sens du courant est celui de l'écoulement des particules chargées positivement.
Donc la peinture s'écoule du BLANC vers le NOIR.	Donc le courant circule du POSITIF au NÉGATIF.
L'écoulement de la peinture noire vers la peinture blanche donne un résultat équivalent.	La circulation des électrons (négatifs) du négatif au positif donne un résultat considéré comme équivalent.

Donc lorsque tu penses au courant électrique, prends toujours comme référence les charges positives. Retiens cette convention même si nous t'avons déjà dit que ce sont les électrons (charges négatives) qui circulent dans les fils électriques (module d'approfondissement 1 du thème 4). Tu avais vu à ce moment que les ions (charges positives) étaient fixes. Ils ne circulaient pas dans le fil en question. Malgré cela, essaie de comprendre que l'effet général est le même dans ce cas que si l'on avait des particules positives circulant dans le sens inverse, c'est-à-dire du positif au négatif. L'effet électrique global est équivalent.

Cette mise au point étant faite, tu peux maintenant poursuivre ton étude de l'arc électrique. Après avoir vu le phénomène en courant continu, le prochain module détaille ce qui s'y produit en courant alternatif.

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

MODULE D'ACQUISITION 3
L'ARC EN COURANT ALTERNATIF

La différence arc en CC - arc en CA

Le module d'acquisition 2 a permis de te familiariser avec l'arc électrique en courant continu. Tu as pu comprendre pourquoi la distribution de chaleur est inégale dans un tel arc. Les deux tiers de la chaleur sont présents à l'électrode positive. Cependant, tu sais par ton expérience à l'atelier que ce phénomène ne se produit pas lors d'une opération de soudage avec courant alternatif. Pourquoi donc? Le but du module est de répondre à cette question.

Une alternance de polarité

Tu connais la différence entre un courant continu et un courant alternatif. Le thème 1 t'a aidé à acquérir cette connaissance. Si tu le veux, tu peux relire les modules d'acquisition 2 et 3 de ce thème.

La chose la plus importante à te rappeler concernant le courant alternatif est l'alternance des polarités qui se manifeste de façon très rapide à chacune des bornes. En d'autres mots, les deux électrodes disposées de chaque côté de ton arc électrique n'ont pas une polarité constante. Que ce soit ton électrode de métal d'apport ou ta pièce à souder, les polarités passent de positif à négatif puis reviennent à positif, tout cela très rapidement.

Comment pourrait-on schématiser l'arc en courant alternatif? Rappelle-toi tout d'abord le schéma de l'arc en courant continu (figure 4 du module d'acquisition 2). L'électrode positive était située à gauche du schéma et le tout demeurait ainsi, car les polarités sont constantes en courant continu ce qui n'est pas le cas en courant alternatif. Il faudrait donc préciser dans le schéma ce dernier point.

Fig. 1 Électrodes de l'arc en CA.

Ainsi chaque électrode obtient tour à tour les deux polarités. Qu'est-ce que tout cela entraîne comme conséquences sur le comportement des particules du plasma?

Le déplacement des particules dans l'arc

Pour répondre à la question précédente, il faut d'abord te rappeler de quelle façon les particules se déplacent dans le plasma.

UN COURANT D'ÉLECTRONS CIRCULE DE L'ÉLECTRODE NÉGATIVE À L'ÉLECTRODE POSITIVE.

UN COURANT D'IONS CIRCULE DE L'ÉLECTRODE POSITIVE À L'ÉLECTRODE NÉGATIVE.

Cependant ces particules ne voyagent pas toutes avec la même facilité. Un jeu imaginaire t'a déjà permis de comprendre cela dans le module sur l'arc en courant continu. La situation peut être résumée dans les encadrés qui suivent.

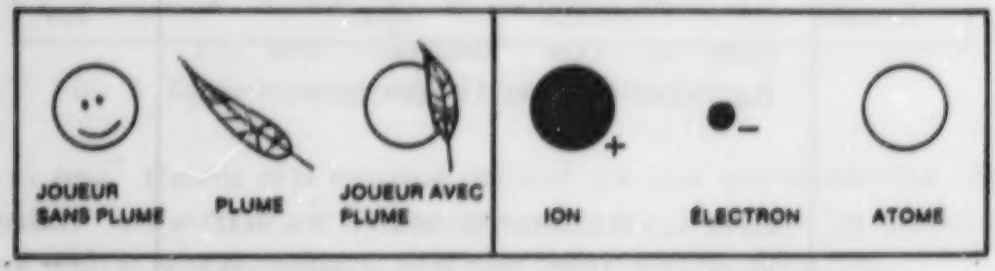


Fig. 2 Comparaison entre les éléments du jeu imaginaire et ceux de l'arc électrique.

SITUATION DANS LE JEU	SITUATION DANS L'ARC
Le terrain est beaucoup plus long que large.	L'arc électrique est beaucoup plus long que large.
Les joueurs sont les éléments lourds en circulation.	Les ions sont les éléments lourds en circulation.
Les plumes sont les éléments légers en circulation.	Les électrons sont les éléments légers en circulation.

MOUVEMENT DANS LE JEU	MOUVEMENT DANS L'ARC
Les joueurs circulent avec difficulté de la table vide à la table pleine.	Les ions circulent avec difficulté de l'électrode positive à l'électrode négative.
Les plumes se dirigent avec facilité de la table pleine à la table vide.	Les électrons se dirigent avec facilité de l'électrode négative à l'électrode positive.

Tout cela peut t'aider à mieux comprendre pourquoi une plus grande quantité de chaleur a tendance à s'installer sur l'électrode positive.

LES PARTICULES PRÉSENTES DANS L'ARC ÉLECTRIQUE CAPTENT DE LA CHALEUR AU COURS DE LEUR RANDONNÉE VERS LES ÉLECTRODES POSITIVE ET NÉGATIVE.

COMME LES ÉLECTRONS SE RENDANT À L'ÉLECTRODE POSITIVE SONT PLUS NOMBREUX QUE LES IONS SE RENDANT À L'ÉLECTRODE NÉGATIVE, IL Y A PLUS DE CHALEUR QUI TEND À S'ACCUMULER À L'ÉLECTRODE POSITIVE.

Ce déplacement de particules et de chaleur se produit réellement dans un arc en courant continu ou en courant alternatif. Cependant, la distribution finale de la chaleur n'est pas la même en courant alternatif. Tu sais déjà que l'arc en courant alternatif présente des électrodes qui changent de polarité très rapidement (d'après la figure 1). Par conséquent, examine le mouvement des particules du plasma en deux étapes. Dans un premier temps, étudie le phénomène lorsque l'électrode située à gauche du schéma est positive. Puis regarde le tout lorsque cette même électrode devient négative (alternance du courant). Tu pourras par la suite déterminer le résultat final entraîné dans un tel genre d'arc.

Première étape du courant alternatif

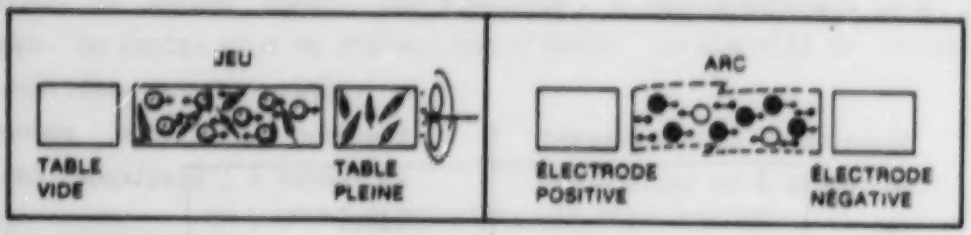


Fig. 3 Comparaison jeu-arc (1 re étape).

Nous t'avons déjà expliqué pourquoi une plus grande quantité de chaleur est attirée par l'électrode positive. C'est que les particules légères ont plus de facilité à se rendre à cette électrode.

Beaucoup de plumes peuvent se rendre à la table gauche.	Beaucoup d'électrons peuvent se rendre à l'électrode positive.

Cependant, ce cheminement est vite interrompu car le courant alternatif change son sens de circulation. Les polarités sont alors alternées. L'électrode située à gauche devient négative et celle de droite devient positive.

Deuxième étape du courant alternatif

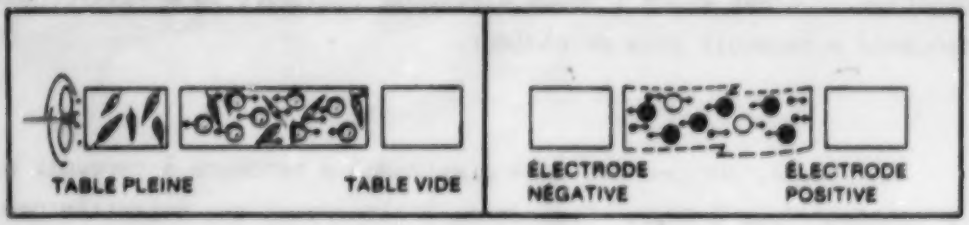


Fig. 4 Comparaison jeu-arc (2e étape).

Voilà que nous avons un phénomène complètement différent puisque le jeu est inversé. Les particules se déplacent dans le sens contraire de la première étape.

Beaucoup de plumes peuvent se rendre à la table droite.	Beaucoup d'électrons peuvent se rendre à l'électrode positive.

Une alternance très rapide

Nous t'avons déjà expliqué ce qu'est la fréquence d'un courant alternatif (thème 1 - module de prolongement 1). Tu sais que ce courant change de sens de façon très rapide. En réalité, le courant habituellement utilisé change de polarité 120 fois par seconde. Autrement dit, l'électrode positive devient négative puis revient positive 60 fois par seconde.

Nous venons de t'expliquer ce qui se produit à chacune de ces étapes. Pendant 1/60 de seconde, une électrode a tendance à recevoir plus de chaleur que l'autre. C'est l'électrode positive. Mais voilà qu'au deuxième soixantième de seconde, l'électrode positive devient négative. C'est alors l'autre électrode (toujours la positive) qui a tendance à recevoir plus de chaleur.

En résumé, chacune des deux électrodes a tendance à recevoir plus de chaleur tour à tour. Cependant, l'alternance des polarités provoque un changement continuel dans le mouvement des quantités de chaleur. Quelle est la conséquence finale selon toi?

Si tu penses que l'alternance excessivement rapide des polarités ne permet pas à une électrode de chauffer plus que l'autre, tu as raison de penser ainsi. Une électrode n'a tout simplement pas le temps de capter plus de chaleur que l'autre. La quantité de chaleur s'équilibre des deux côtés.

> EN COURANT ALTERNATIF, LES DEUX ÉLECTRODES CHAUFFENT ÉGALEMENT, C'EST-À-DIRE QU'ELLES ONT CHACUNE 50% DE LA CHALEUR.

Tu vois en même temps une autre différence dans les conditions de soudage seulement à cause du type de courant. Ton expérience comme soudeur t'apprendra les avantages d'avoir une distribution de chaleur égale ou inégale.

Avant de terminer, remplis donc les espaces vides dans les énoncés suivants afin de consolider les connaissances acquises.

- *Lorsque tu utilises le courant _____, tu as une distribution de chaleur inégale: soit _____ à l'électrode _____ et _____ à l'électrode _____ _____.*

- *Lorsque tu utilises le courant _____, tu as une distribution de chaleur égale: soit _____ à l'électrode _____ et à l'électrode _____.*

NOTES: _____
_____
_____
_____

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

MODULE DE PROLONGEMENT
L'ARC ÉLECTRIQUE: LA RÉSISTANCE VARIABLE DES SOUDEURS

L'arc: une résistance?

Un arc électrique peut être surnommé une résistance électrique. Sais-tu pourquoi? Essaie de te remémorer le thème 2. En réalité, tout appareil disposé dans un circuit électrique se comporte comme une résistance. Le module d'acquisition 2 de ce même thème explique en détail pourquoi cela est vrai. Tu peux retourner à ce module si tu le désires.

En quelques mots, un appareil électrique oppose une résistance au courant lors de son passage. Cela permet à cet appareil de prendre l'énergie dont il a besoin pour accomplir son travail. Par la suite, le courant se dirige à nouveau vers la source où il fait le plein d'énergie. Tout ceci explique pourquoi il existe une différence de voltage (ou différence de potentiel) entre les deux bornes disposées de chaque côté de l'appareil.

Pense à ton arc électrique. Celui-ci reçoit un courant possédant un certain voltage. Il prend l'énergie nécessaire pour fournir une grande quantité de chaleur à la pièce et à l'électrode. Ceci provoque la fusion indispensable à l'exécution de la soudure. Puis, le courant poursuit sa route vers la source avec un voltage faible. La source lui donne alors un nouvel élan. Et la même opération recommence!

Comprends-tu mieux maintenant pourquoi nous appelons l'arc une résistance électrique? Est-ce que tu serais d'accord avec nous si nous ajoutions le mot "variable". Nous appellerions l'arc une résistance électrique variable. Ce n'est plus aussi évident dans ton esprit. Pour éclairer ta pensée, reviens à la comparaison souvent utilisée soit celle entre un circuit électrique et une conduite d'eau.

Une résistance dans une conduite d'eau

Imagine un courant d'eau circulant dans une tuyauterie. Le courant d'eau rencontre alors un obstacle. Cet obstacle est plus précisément une diminution de section de la tuyauterie.

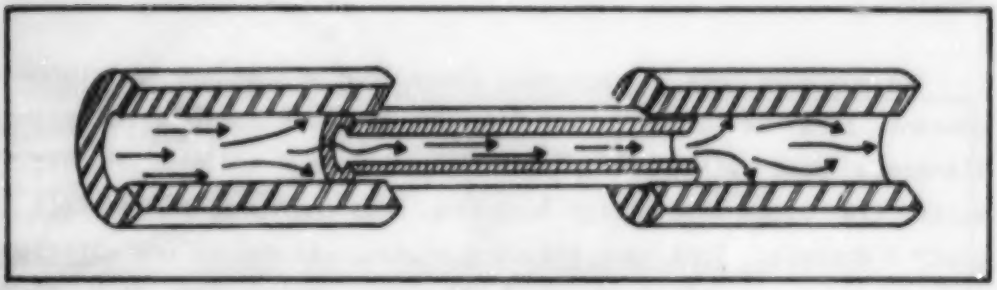


Fig. 1 Obstacle dans un circuit d'eau.

En fait, l'eau rencontre une résistance. Son passage ou sa circulation libre est plus difficile. La quantité d'eau ne peut être aussi grande dans la plus petite section. À la sortie de l'obstacle, le courant possède moins de force. Il a dépensé une partie de son énergie en traversant l'obstacle.

Tu sais que le courant électrique se comporte de la même façon lorsqu'il traverse l'arc. Cependant, as-tu déjà remarqué ce qui se produit lorsque tu éloignes légèrement ton électrode de la pièce à souder. Les conditions de soudage varient. C'est comme si tu augmentais la résistance de ton arc car le courant a plus de difficulté à circuler. L'ampérage en jeu subit une diminution.

La variation de la résistance

Ainsi, lorsque tu soudes, tu as en main une résistance variable. Dès que tu modifies ta longueur d'arc, tu changes la valeur de la résistance. Pour bien visualiser ce phénomène, examinons ensemble une résistance variable dans une conduite d'eau. Nous remplaçons dans la figure 2 la diminution de section fixe par une diminution de section variable. Nous utilisons une vanne qui peut être ouverte ou fermée à volonté.

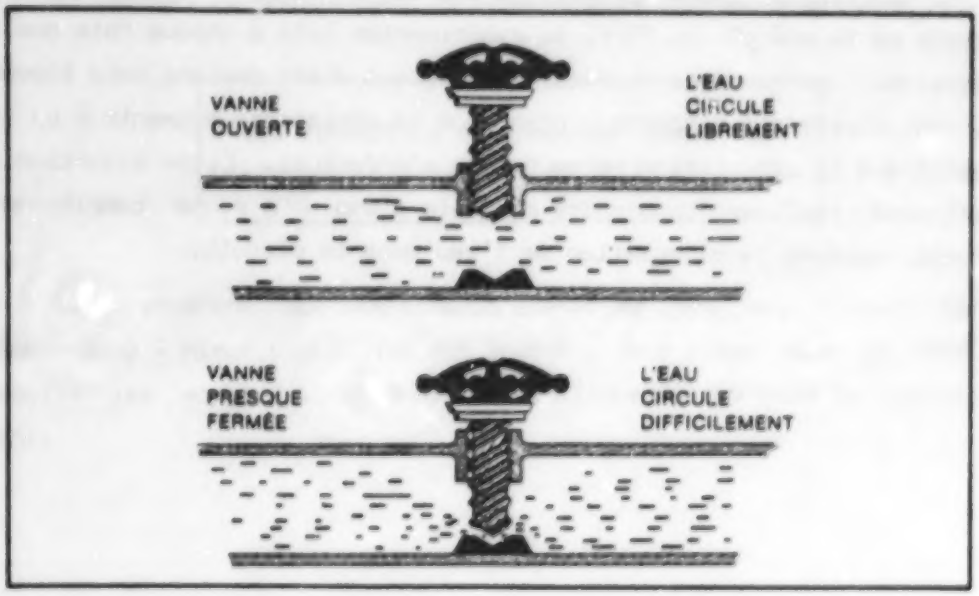


Fig. 2 Résistance variable dans une conduite d'eau.

Tu remarques dans ce schéma que plus la valve se ferme plus la circulation de l'eau est difficile. La résistance au cheminement libre de l'eau est augmentée. La situation est facilement comparable à celle présentée dans une opération de soudage.

Dans un premier temps, si tu soudes avec ton électrode très près de la pièce, une résistance entre en jeu au niveau de l'arc. L'énergie dépensée sert à fournir la chaleur nécessaire à la fusion. Dans un deuxième temps, si tu éloignes légèrement ton électrode, la longueur d'arc est augmentée. Il en est de même pour la résistance existant au niveau de l'arc. Le courant a plus de difficulté à passer à travers cet arc. La situation est représentée dans notre comparaison avec la conduite d'eau. Plus la vanne se ferme, plus la circulation de l'eau est difficile.

Maintenant que se produit-il lorsque tu éloignes trop ton électrode de ta pièce? En fait, tu expérimentes cela à chaque fois que tu termines une soudure. Lorsque la longueur d'arc devient trop élevée, l'arc électrique s'éteint. C'est que la résistance augmente à un tel point que la circulation ne peut plus s'effectuer. Cette situation se retrouve également dans notre conduite d'eau. La vanne complètement fermée empêche la circulation de l'eau dans le circuit.

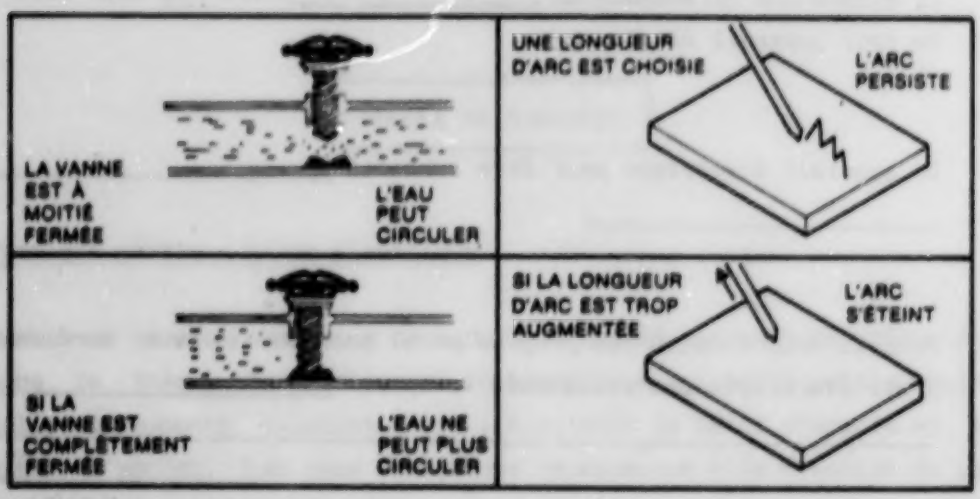


Fig. 3 Comparaison de la résistance dans une conduite d'eau avec la résistance dans l'arc électrique.

En résumé, ce module peut se résumer dans une seule affirmation.

> L'arc électrique se comporte comme une résistance électrique variable.

Nous espérons que les schémas présentés lors des comparaisons t'ont aidé à mieux visualiser cet énoncé. Pour récapituler le tout, remplis les espaces vides dans le questionnaire que nous te présentons.

- *Il existe une différence de* _____ *entre les deux bornes de tout appareil électrique.*

- *Un appareil électrique peut être surnommé* _____ _____.

- *Peux-tu nous dire,en tes propres mots, pourquoi on peut surnommer l'arc électrique une résistance variable?* _____ _____ _____ _____

La prochaine fois que tu exécuteras une soudure, amuse-toi à vérifier ce qui se produit lorsque tu modifies la longueur de ton arc. Fais toutefois attention de ne pas l'éteindre. Tu remarqueras la conséquence engendrée sur la fusion de ta pièce.

THÈME 5 - L'ARC ÉLECTRIQUE

MODULE DE SYNTHÈSE

Première partie - L'arc électrique

Nous te proposons dans ce module un résumé des notions présentées dans le thème. Tu sais que l'arc électrique est cette petite étincelle permanente existant entre l'électrode de métal d'apport et la pièce à souder. Les deux conditions nécessaires à la création de cet arc sont la circulation d'un courant électrique entre les deux électrodes et une distance faible séparant ces électrodes. Bien entendu, une amorce est obligatoire. Dès que l'arc est allumé, la source de courant l'alimente en énergie, ce qui le maintient en vie.

De nombreuses réactions chimiques se produisent au niveau d'un arc électrique. Les particules présentes dans cet espace se comportent alors de façon particulière. C'est la circulation du courant électrique ainsi que la grande quantité de chaleur en présence qui sont les responsables de ces nombreuses réactions.

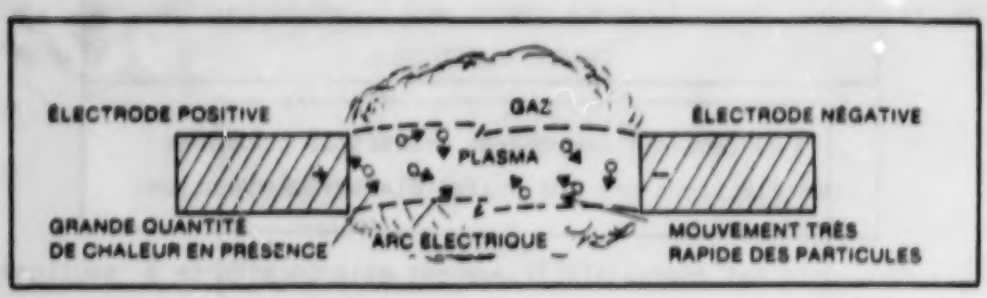


Fig. 1 Arc électrique.

Deuxième partie - Le plasma

Tu sais qu'un courant électrique circule dans le petit espace de l'arc. Mais qu'y a-t-il d'autre entre ces deux électrodes?

Il y a un gaz! Dans la technique de soudage à l'arc ordinaire, le gaz est de l'air. Les particules formant un gaz s'appellent des atomes. La grande quantité de chaleur pousse ceux-ci à se décomposer. Ils deviennent des électrons et des ions. Ce processus nommé ionisation entraîne à son tour des phénomènes électriques.

Retiens simplement qu'une activité impressionnante se développe dans ton arc électrique. De nombreuses particules (invisibles à l'oeil nu tellement elles sont petites) voyagent entre les deux électrodes. Le gaz situé à cet endroit est alors surnommé le plasma. Ce nom lui est assigné pour préciser qu'il n'est pas dans un état ordinaire. Il est stimulé par la grande chaleur et le courant électrique.

Troisième partie - Le mouvement des particules

Toutes les particules en présence dans le plasma possèdent des caractéristiques différentes. C'est la raison pour laquelle ils voyagent de façon différente entre les deux électrodes.

CHARGE ÉLECTRIQUE
Les ions ont une charge électrique positive. Les électrons ont une charge électrique négative.

Pourquoi la charge électrique est-elle importante à souligner? C'est que le mouvement des particules est réglé par le principe suivant. Les charges électriques sont attirées par une électrode de signe contraire.

Les ions se dirigent vers l'électrode négative. Les électrons se dirigent vers l'électrode positive.

Cependant, tout ce mouvement n'est pas facile surtout pour les ions qui sont différents des électrons.

POIDS ET GROSSEUR (masse et volume)
Les ions sont gros et lourds. Les électrons sont petits et légers.

Les électrons réussissent donc à se faufiler beaucoup plus facilement que les ions. Ces derniers ne font guère plus que se bousculer entre eux.

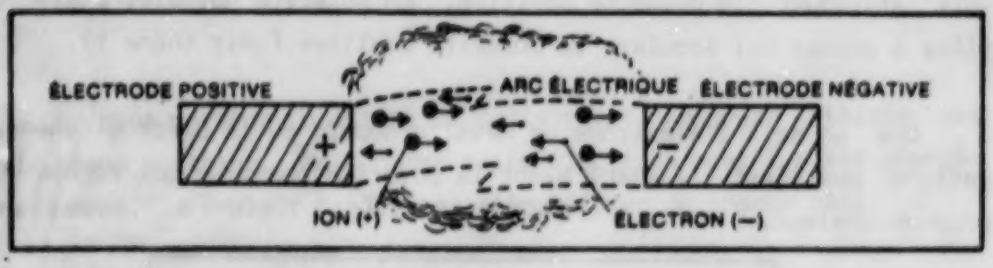


Fig. 2 Mouvement des particules.

Tu vois qu'il y a une grande activité dans ce petit arc électrique lorsque tu soudes. Les conséquences finales suivantes sont notées.

Les électrons se rendent facilement à l'électrode positive.
Les ions se rendent difficilement à l'électrode négative.

Tu sais qu'il y a une grande quantité de chaleur en présence dans l'arc. Les différentes particules en mouvement dans cet arc captent donc au passage des petites quantités de chaleur. Ces dernières sont transportées vers les électrodes. Cependant, tu as vu que les électrons se rendent plus nombreux à l'électrode positive comparativement aux ions qui se rendent peu nombreux à l'électrode négative. Il y a donc inégalité dans la distribution de chaleur entre les deux électrodes.

Quatrième partie - L'arc en courant continu

Lorsque tu soudes en courant continu, tu sais que les polarités sont fixes. En polarité inverse, l'électrode de métal d'apport se voit attribuer la polarité positive. En polarité normale, c'est la pièce à souder qui acquiert la polarité positive (voir thème 1).

Que ce soit l'électrode de métal d'apport ou la pièce à souder, retiens que c'est l'élément ayant la polarité positive qui reçoit le plus de chaleur.

EN COURANT CONTINU
L'ÉLECTRODE POSITIVE obtient les deux tiers (2/3) de la chaleur.
L'ÉLECTRODE NÉGATIVE obtient le tiers (1/3) de la chaleur.

Cinquième partie - L'arc en courant alternatif

Nous t'avons déjà expliqué l'alternance des polarités qui s'effectue lorsque tu soudes en courant alternatif. En quelques mots, chacune des deux bornes de l'arc obtient tour à tour les deux polarités électriques (positive et négative). C'est pourquoi il n'est pas question ici de choisir une polarité de soudage (inverse ou normale) dans les connexions avec la source de courant. L'électrode de métal d'apport et la pièce à souder ont ainsi chacun leur tour les deux polarités.

Comme l'alternance de ces polarités se produit de façon très rapide, il est évident que la chaleur n'aura pas le temps de s'accumuler à une borne plus qu'à une autre.

Une plus grande quantité de chaleur est toujours attirée par l'électrode positive. Mais comme cette électrode positive est changée constamment, la chaleur finira par s'équilibrer de chaque côté.

EN COURANT ALTERNATIF
UNE DES DEUX ÉLECTRODES obtient la moitié (1/2) de la chaleur. L'AUTRE ÉLECTRODE obtient la moitié (1/2) de la chaleur.

Sixième partie - La résistance variable des soudeurs

On peut qualifier l'arc électrique de résistance variable. Pourquoi cela? Premièrement, il faut comprendre que le courant électrique subit une résistance lorsqu'il arrive au niveau de l'arc. Il doit dépenser une certaine quantité d'énergie pour traverser cet arc. Cela permet de créer la chaleur nécessaire à la fusion de ta pièce à souder. Le courant se retrouve par la suite avec moins de force. Il se dirige donc à nouveau vers la source pour faire le plein d'énergie.

Deuxièmement, il faut comprendre que la longueur de ton arc a une importance sur la valeur de la résistance. Plus cette longueur est élevée, plus le courant a de la difficulté à passer. La résistance est à ce moment plus élevée. Tu sais parfaitement que l'arc vient à s'éteindre si tu augmentes trop cette longueur. La résistance devient tellement élevée que le courant ne peut plus passer.

Tout ce qui a été détaillé dans les dernières pages de ce module ainsi que dans le thème 5 en entier, ne vise à rejoindre qu'un seul objectif: te faire voir d'un oeil nouveau ce qui se produit dans cet arc électrique. C'est en comprenant mieux tous les phénomènes en présence que tu apprécieras plus ton travail de soudeur.

Les boules de feu

As-tu déjà entendu parler de l'histoire des boules de feu? Celle-ci raconte la peur de certaines gens qui avaient vu des boules de feu entrer par une fenêtre de la maison et faire le tour d'une pièce pour finalement s'éteindre quelque part dans un coin. D'après la croyance populaire, c'était des "morceaux d'éclair" qui se promenaient. Une histoire fantastique faisait alors le tour du village. Cependant, était-elle véridique?

Souviens-toi du premier module. Nous avons expliqué pourquoi un éclair ne reste pas en vie comme un arc électrique. C'est qu'il n'y a pas de courant pour l'alimenter. Pareillement, un arc coupé de son courant électrique s'éteint automatiquement. Tu viens d'en avoir la preuve dans ce module. Lorsque la résistance devient trop élevée, le courant ne peut plus circuler. En fait, l'arc prend moins de un centième de seconde pour s'éteindre.

Les boules de feu de l'histoire peuvent être comparées à un arc et son plasma. Toutefois, sont-elles alimentées par un courant électrique tout comme l'arc? Il est évident que non. Tu peux ainsi comprendre pourquoi une telle histoire relève plus de l'imagination que d'autre chose!

INDEX

acier, 158, 163
air, 216
alliage, 158
alternance des polarités, 41, 239
aluminium, 158, 163, 177
ampérage, 22, 70, 91, 121, 249
ampères, 98
ampoule, 15, 65, 67, 74
appareil, 17, 28, 78
arc, 14, 61, 79, 157, 211, 213, 223, 239
argent, 158, 177, 192
argon, 216
atomes, 158, 161, 173, 193, 217, 229, 240
barrage hydro-électrique, 112
batterie, 28, 113
bobines, 126
bois, 158
bornes, 31, 223
branchement en parallèle, 96
branchement en série, 97
caoutchouc, 158
chaleur, 14, 16, 33, 195, 223, 233, 245
charge électrique des particules, 219
charges électriques, 20, 80, 174, 238
ciment, 192
circuit élémentaire, 61,63, 77
circuit primaire, 119
circuit secondaire, 119
conditions de soudage, 117, 133, 163, 201, 211, 223, 233, 241
conducteurs, 163, 177, 192
conductivité électrique, 164, 177, 178, 187
conductivité thermique, 164, 191
consommation d'électricité, 107
courant alternatif, 38, 41, 139
courant continu, 30, 33, 42, 113, 139
court-circuit, 85
cuivre, 158, 163, 177, 192
cycle, 48
débit, 23, 69, 121
dépenses d'électricité, 59, 106
différence de potentiel, 30, 78, 247
diode, 141, 143
disjoncteur, 92
distribution de chaleur, 213, 231
éclair, 211
effet électrique, 14, 61
électricité, 13, 17, 51, 59, 112, 154, 157
électrode, 14, 133, 212
électrons, 159, 161, 173, 193, 217, 229, 240

éléments chauffants, 185, 190
énergie, 14, 78, 79, 188
enroulements, 128, 123
entrée électrique, 59, 60
étain, 158
facteur de marche, 117
fer, 158, 177, 191, 192
fil électrique, 17, 28, 63, 157, 171
force, 21
foudre, 211
fréquence, 45
fusible, 85, 91, 190
fusion, 117, 133, 233
gaz, 215
génératrice, 15, 114, 141
graphite, 190
haute tension, 131
hertz, 49
horse-power, 65, 75
intensité, 74
ionisation, 218
ions, 219, 229, 240
isolants, 168, 194
loi d'Ohm, 83
longueur d'arc, 249, 251
lumière, 14, 42, 67, 211
magnésium, 177
magnétisme, 127
matériaux, 160, 200
métaux, 158, 165, 192
meules, 60, 65, 75
milieu conducteur, 27, 62, 157
mise à la terre, 131
moteur, 15, 28
mouvement, 14
mouvement des particules, 224
multimètre, 100
néon, 216
nickel, 177
non-métaux, 158, 165, 192
noyau de fer doux, 126
noyaux d'atomes, 165
ohmmètre, 84
ohms, 84
oméga, 84, 99
or, 158
outils électriques, 60
panne, 13
pièce, 14, 212
pile, 15, 113
plasma, 215, 223
plastique, 192
plomb, 158

poids des particules, 220
polarités de soudage, 32,223
polarités électriques, 31, 232,239
poste de soudage, 32, 60, 114
pression, 20, 22, 69, 119, 120
prise de terre, 131
prise du réseau, 15, 113
puissance, 65, 67, 75
rectification, 133, 146
redresseur, 114, 141, 144
réseau de distribution, 60, 130
résistance, 62, 63, 77, 83, 90, 185, 190
résistances en parallèle, 87, 90
résistance variable, 247
résistivité, 177, 178, 186
sens conventionnel du courant, 31,235
source d'électricité, 15, 16, 62, 111
structure interne des matériaux, 178, 183
système d'éclairage, 60
système de ventilation et chauffage, 60
transformateur, 114, 121, 125, 129, 131
transformation, 118, 122
travail, 67,79
tungstène, 190
turbine, 29, 68
verre, 191, 192
voltage, 21, 59, 65, 70, 119, 128, 174
voltmètre, 95
volts, 95
wattmètre, 97
watts, 65, 75, 98
zat (zone affectée thermiquement), 201
zinc, 158

À l'époque actuelle, la technologie industrielle connaît une expansion continue et accélérée. Ce développement, qui provient de la recherche scientifique, se concrétise par des découvertes importantes et des applications diversifiées.

L'acquisition des concepts scientifiques à la base des diverses technologies permet d'aider le futur technicien à s'approprier sa technique; elle facilite aussi son adaptation à une telle révolution industrielle.

Conçu dans cette optique, le présent manuel expose de nombreux concepts associés à l'apprentissage du soudage à l'arc électrique. Il aborde le domaine de l'électricité en se limitant aux notions jugées essentielles à une meilleure compréhension de la nature même de l'arc et du courant électrique qui alimente le circuit de soudage.

ISBN 2-920859-06-4